

MUUTTUVAT OPASTEET LIIKENTEENOHJAUKSESSA

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KÄYTTÖOSASTO, LIIKENNETOIMISTO

VIATEK OY

TVH 741804

HELSINKI 1983

08
TIE-



84 0440

MUUTTUVAT OPASTEET LIIKENTEENOHJAUKSESSA

TVH, Käyttöosasto, liikennetoimisto
VIATEK OY
HELSINKI 1983

ISBN-951-46-7150-3

ALKUSANAT

Liikenteen määrän viimeaikainen kasvu, uusien teiden rakentamisen ollessa samanaikaisesti vähäistä, on aiheuttanut tarvetta käyttää tieverkon kapasiteetti entistä tarkemmin hyödyksi. Tähän pääseminen liikenneturvallisuutta vaarantamatta asettaa lisää vaatimuksia mm. liikenteen ohjaukselle.

Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää, minkälaista tarvetta Suomessa on nyt ja tulevaisuudessa käyttää muuttuvia opasteita liikenteen ohjauksessa ja mikä tekniikka parhaiten soveltuu maamme olosuhteisiin. Selvitys perustuu viime aikojen kehitykseen automaattisen liikenteen ohjauksen alueella ja muuttuvista opasteista kansainvälisesti saatuihin kokemuksiin. Opasteiden käyttöä Suomessa on kokeiltu työn yhteydessä koulun läheisyyteen asetetun vaihtuvan nopeusrajoituksen muodossa.

Tutkimus on tehty Viatek Oy:ssä tie- ja vesirakennushallituksen liikennetoimiston toimeksiannosta. Konsultin asiamiehenä on toiminut dipl.ins. Markku Leppävuori, ja tutkimusraportin on laatinut tekn.yo. Tomi Ristola. TVH:n asiamiehenä on toiminut dipl.ins. Teuvo Puttonen, jonka lisäksi työryhmään on kuulunut TVH:sta dipl.ins. Juhani Mänttari.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT

1.	JOHDANTO	1
2.	MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖPERUSTEET JA KÄYTTÖ- PERIAATTEET	2
2.1	Muuttuvien opasteiden käyttöperusteet	2
2.2	Järjestelmien ohjausperiaatteita	3
2.2.1	Ohjausmallin rakenne	3
2.2.2	Päätöksentekomalleja	4
2.2.3	Autoilijoiden motivointi	6
2.2.4	Koska muuttuvalla opasteella annetaan viesti ?	7
2.3	Häiriöiden havaitseminen	8
2.3.1	Yleistä	8
2.3.2	Ei-automaattinen häiriöiden havaitseminen	10
2.3.3	Automaattinen häiriöiden havaitseminen	10
2.4	Muuttuvien opasteiden vaikutuksia	11
3.	MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖKOHTEET	13
3.1	Yleistä	13
3.2	Reittiohjaus	14
3.3	Kaistaohjaus	16
3.4	Nopeusohjaus	17
3.5	Liikenteen varoittaminen	18
3.5.1	Sää- ja keliolosuhteet	18
3.5.2	Ruuhka ja onnettomuudet	19
3.5.3	Tietyömaat	19
3.5.4	Muut häiriöt	20
4.	MUUTTUVIEN OPASTEIDEN TEKNISET RATKAISUT	21
4.1	Muuttuville opasteille asetettavia vaatimuksia	21
4.2	Toimintaperiaatteita	22
4.2.1	Mekaaniset merkit	22
4.2.2	Valaistusperiaatteella toimivat merkit	25
4.2.3	Sähkömekaaniset merkit	27
4.3	Teknisten ratkaisujen vertailua	29
4.4	Suomalaisia laitetoimittajia	30

5.	MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖTARVE SUOMESSA	31
5.1	Reittiohjaus	31
5.2	Kaistaohjaus	32
5.3	Nopeusohjaus	33
5.4	Varoitukset	33
5.5	Muut kohteet	34
5.6	Muuttuvien opasteiden kannattavuus Suomessa	35
6.	MUUTTUVA NOPEUSRAJOITUSJÄRJESTELMÄ TERVAJOELLA	35
6.1	Yleistä	35
6.2	Nykytilanne	35
6.3	Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän kuvaus	36
6.4	Järjestelmän toteutus ja seuranta	37
7.	YHTEENVETO	38

LÄHDELUETTELO

1. JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on selvittää muuttuvien opasteiden käyttöä liikenteen ohjauksessa. Työssä tarkastellaan sekä laite- että liikenneteknisiä kysymyksiä.

Muuttuvalla opasteella tarkoitetaan tässä esityksessä liikennemerkkiä, jonka rakenne on sellainen, että merkin antamaa viestiä voidaan muuttaa olosuhteita vastaavasti. Merkin antama viesti voidaan vaihtaa käsin paikan päällä, kauko-ohjatusti tai automaattisesti etukäteen asetetun aikataulun tai harkittujen liikenne- tai säätietojen perusteella.

Muuttuvat opasteet ovat tarpeellisia, koska olosuhteet teillä ja kaduilla vaihtelevat, mutta tavalliset, kiinteät liikennemerkkit välittävät aina saman viestin. Joitakin toimenpiteitä tämän ristiriidan korjaamiseksi tehdään tavallisillekin liikennemerkkeille. Jotkut merkit pyritään poistamaan tai peittämään silloin, kun niiden viesti ei ole ajankohtainen. Muuttuvien opasteiden käyttö tulee kyseeseen lähinnä sellaisissa tapauksissa, jolloin viestin vaihtaminen on tarpeellista usein (esim. tietyöt, koulut) ja/tai ennalta määräämättömänä aikana (esim. onnettomuudet, ruuhkat).

Liikennemäärät tie- ja katuverkollamme ovat olleet jatkuvassa nousussa. Samanaikaisesti ovat tienpitoon suunnatut määrärahat vähentyneet niin Suomessa kuin monissa muissakin maissa ympäri maailmaa. Uusien väylien rakentaminen on selvästi vähentynyt ja resurssit on jouduttu keskittämään nykyisten väylien ylläpitoon. Myös liikennepoliittisista syistä ollaan usein haluttomia rakentamaan uusia väyliä kaupunkialueilla. Nämä seikat ovat johtaneet yleistyviin ruuhkiin etenkin työhönmeno- ja töistätuloaikoina suurissa kaupungeissa ja kesäviikonloppuisin Etelä-Suomen pääteillä.

Edellä mainittu tilanne asettaa kasvavat vaatimukset liikenteenohjaukselle. Lisääntyvä liikenne johtaa lisääntyviin häiriöihin liikennevirrassa. Nämä häiriöt aiheuttavat ruuhkia ja onnettomuuksia. Monissa maissa tehdyt tutkimukset osoittavat, että nämä häiriöt ovat pääsyynä suureen osaan (20 - 50 %) pääteiden onnettomuuksista. /8/

Automaattisella liikenteenohjausjärjestelmällä voidaan havaita näitä häiriöitä ja varoittaa autoilijoita niistä. Näin voidaan vähentää onnettomuuksia ja vähentää ruuhkien haittoja.

Erityisesti mikroprosessoritekniiikan kehitys on luonut mahdollisuuksia yksinkertaisesti ja halvalla välittää informaatiota auton sisällä ja sen ulkopuolella. Näitä mahdollisuuksia ei Suomessa juuri ole tähän asti käytetty lukuunottamatta liikennevalo-ohjausta. Teknisten mahdollisuuksien lisääntyminen ei tosin saakaan ohjata kehitystä, vaan lähtökohtana tulee olla liikenteen ja tienkäyttäjän tarpeet.

Jäljempänä on tarkasteltu muuttuvien opasteiden käyttöperiaatteita, käyttökohteita ja teknisiä ratkaisuja. Lisäksi on tarkasteltu muuttuvien opasteiden käyttötarvetta Suomessa.

2. MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖPERUSTEET JA KÄYTTÖPERIAATTEET

2.1 Muuttuvien opasteiden käyttöperusteet

Entistä tehokkaamman liikenteenohjauksen tarvetta ovat lisänneet ja lisäävät mm. seuraavat seikat:

- 1) Liikennemäärät pääteillä ja taajamien pääkaduilla ovat jatkuvasti kasvaneet ja ruuhkia esiintyy entistä enemmän. Tämä johtaa mm. kasvaviin matka-aikoihin ja lisääntyviin onnettomuuksiin.
- 2) Uusia liikenneväyliä rakennetaan entistä vähemmän, joten nykyisten väylien kapasiteetti tulee käyttää mahdollisimman hyvin hyödyksi.
- 3) Yllättävät muutokset liikennetilanteessa aiheuttavat onnettomuusriskin. Siksi on tarpeellista varoittaa tienkäyttäjiä ajoissa edessä olevista häiriöistä.

Automaattisella liikenteenohjausjärjestelmällä pyritään parantamaan liikenneolosuhteita. Tähän sisältyvät eriteltynä seuraavat tavoitteet:

- liikenneturvallisuuden parantaminen
- ympäristöhaittojen vähentäminen
- tieverkon käytön optimointi
- polttoaineen kulutuksen vähentäminen
- viivytysten ja matka-aikojen lyhentäminen
- ajosuorituksen helpottaminen. /10/

Jotta näihin tavoitteisiin päästäisiin, täytyy järjestelmän

- auttaa autoilijoita suunnittelemaan matkansa paremmin esim. antamalla ajan tasalla olevaa tietoa liikennetilanteesta
- auttaa välttämään onnettomuuksia esim. varoittamalla autoilijoita ja vähentämällä vaarallisia tilanteita
- auttaa autoilijoita välttämään ruuhkautuneita tienosia ja siten saavuttaa parempi liikenteen jakautuminen tieverkolle esim. antamalla reittiohjausta
- auttaa autoilijoita tekemään oikeita ajopäätöksiä ja ylläpitää vakaata liikennevirtaa esim. antamalla nopeusrajoituksia ja -suosituksia
- sujuvoittaa liikenteen kulkua liittymis- ja erkanemiskohdissa esim. kaista- ja nopeusohjauksella
- auttaa autoilijoita löytämään paras reitti määräpaikkaansa esim. muuttuvan viitoituksen avulla. /10/

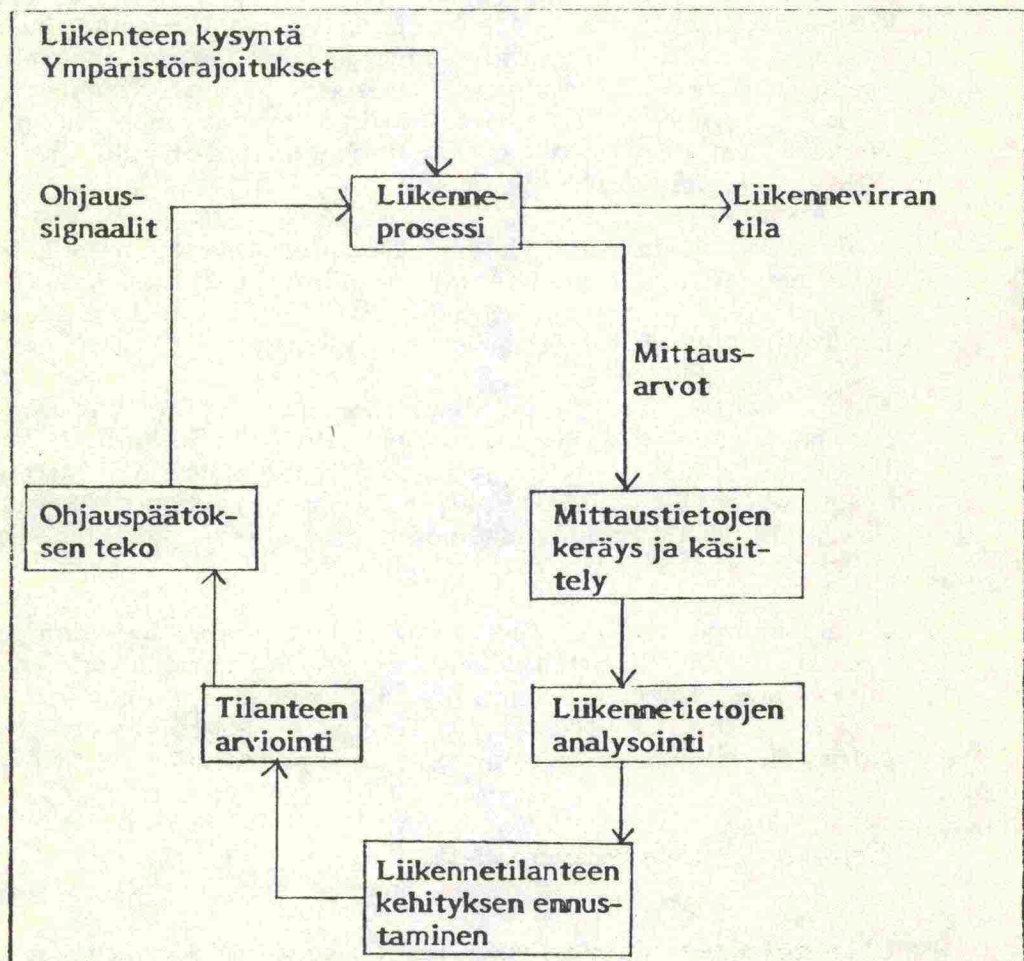
Yhtenä järjestelmän tavoitteena voi olla myös helpottaa tienpitäjän työtä. Tähän päästään mm. tiesääpalvelun tehostamisella sekä tietömaiden yhteydessä käytettävillä varoitusjärjestelmillä ja kaistaohjauksella.

2.2 Järjestelmien ohjausperiaatteita

2.2.1 Ohjausmallin rakenne

Kohdassa 2.1 on lueteltu automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien yleisiä tavoitteita. Eri järjestelmien yksilöidyt tavoitteet vaihtelevat kuitenkin melkoisesti. Joillakin yksinkertaisilla järjestelmillä (esim. muuttuva nopeusrajoitus koulun kohdalla) voidaan pyrkiä vain yhteen tavoitteeseen (liikenneturvallisuuden paraneminen). Laajoissa järjestelmissä (esim. liikennekäytävän liikenteenohjaus) pyritään usein liikennetilanteen optimointiin, jolloin eri osatavoitteille annetaan niille kuuluvat painoarvot ja järjestelmä pyrkii näin muodostetun tavoitefunktion optimointiin.

Näin erilaajuiset tavoitteet asettavat hyvin erilaisia vaatimuksia järjestelmien ohjausperiaatteille. Yleisperiaatteena voidaan kuitenkin todeta, että muuttuvassa liikenteenohjauksessa on erotettavissa liikennetietojen keräys- ja käsittelyosa, liikennetilanteen kehityksen ennustus sekä vallitsevan tilanteen arviointi ja vertailu ohjauskriteereihin. Kulkukaaviona voidaan ohjausprosessin vaiheet esittää esimerkiksi kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1
Liikenteen ohjaus säätöprosessina.

Ohjausmallin avulla liikenneprosessia seurataan jatkuvasti. Siten on mahdollista tarkkailla kriittisiä liikennetilanteita ja ennustaa niiden kehittymistä. Tämä mahdollistaa tavoitefunktion arvojen arvioimisen ja johtaa ohjauspäätösten tekoon ja toteuttamiseen. /1/

Ohjausmalli toimii siis vaiheittain. Ensimmäisenä vaiheena on mittausvaihe. Liikennetiedot kerätään ohjauskeskukseen (tai -keskukseen). Tämä on aivan ilmeisesti prosessin kriittisin vaihe, sillä lähtötietojen laatu määrää koko prosessin laadun. Yksikään järjestelmä ei tuota parempaa tulosta kuin sen lähtötiedot ovat. Tämän vuoksi on mittausjärjestelmän suunnitteluun aina kiinnitettävä erityistä huomiota. Monimutkaisia järjestelmiä on rakennettu, mutta mittaus tuottaa edelleen ongelmia. Kalliillakin laitteilla pystytään toistaiseksi tuottamaan vain melko epätarkka kuva liikenteen tilasta. /1/

Seuraavissa vaiheissa analysoidaan liikennetilannetta ja ennustetaan liikennetilanteen kehitys esim. seuraavan 10 - 30 minuutin ajaksi. Ei ole riittävää, että tienkäyttäjää informoidaan nykytilanteesta. Toteutettavat liikenteenohjaustoimenpiteet muuttavat liikennetilannetta, ja kun tienkäyttäjä saavuttaa ongelmakohdan, hän saattaa kohdata aivan erilaisen tilanteen kuin mistä häntä on varoitettu. Järjestelmän antama informaatio saattaa tällöin tuntua harhaanjohtavalta, mikä vähentää luottamusta järjestelmän toimintaan. Joissakin tapauksissa liikenteenohjauksella vain siirretään ruuhka paikasta toiseen. Tämän vuoksi on tärkeää pystyä ennustamaan liikennetilannetta. Ennusteiden tukena käytetään tietoa liikenteen aikaisemmas- ta käyttäytymisestä ja pyritään ottamaan huomioon liikenteelle ominaiset satunnaisvaihtelut. Ennusteohjelmistoa on jatkuvasti syytä tarkkailla ja säätää. /1/

Seuraavassa vaiheessa arvioidaan liikennetilannetta ja sitä, miten hyvin eri tavoitteet saavutetaan. Lopulta toteutettavaksi toimenpiteeksi valitaan se vaihtoehto, joka laskelmien perusteella antaa tavoitefunktiolle parhaimman arvon.

Kuten edellä todettiin, on liikennetietojen keräys avainasemassa automaattisessa liikenteenohjausjärjestelmässä. Se, mitä liikennetietoja kerätään, riippuu järjestelmän tavoitteista. Tavoitteita (esim. liikenneturvallisuus) ei yleensä suoraan voida mitata, vaan on turvauduttava tietoon tavoitteiden ja mitattavissa olevien suureiden välisistä riippuvuuksista.

Tavallisimmin mitataan liikennemäärää ja nopeutta, joiden perusteella voidaan määrittää liikennetiheys. Liikennetiheyttä voidaan mitata myös suoraan esim. 100 - 150 metriä pitkällä induktiosilmukalla. Usein käytetään myös ilmaisimen käyttösuhdetta (occupancy) eli ilmaisimen varattunaoloajan ja mittausajan suhdetta. /19/

2.2.2 Päätöksentekomalleja

Ohjausprosessin päätöksenteko voi perustua hyvinkin yksinkertaisiin malleihin, mutta toisaalta se voi perustua myös erittäin monimutkaiseen matemaattisiin algoritmeihin. /20/

Yksinkertainen päätöksentekomalli on valita toteutettava ohjaus-toimenpide **päätöksentekomatriisista**. Mittauksia voidaan suorittaa esim. liikennemääristä, liikennetiheydestä, nopeuksista ja jononpituuksista. Vertailu raja-arvoihin osoittaa, tarvitseeko liikennettä ohjata vaihtoehtoisella reitille, ja jos, niin kuinka paljon. Raja-arvot määritetään siten, että vakaa liikennevirta säilyy, vaikka raja-arvot hieman ylitetään. /20/

Toinen tapa on **analysoida** kaikkien tai kriittisten tiejaksojen liikennevirtaa tasaisin (sekunnista minuutteihin) väliajoin. Analysointi voi perustua esim. kriittisen jononpituuden tai shokkiaallon mittaamiseen. /20/

Dallas Freeway Corridor Projektissa (Yhdysvallat) käytetään ohjaukseen kriittistä jononpituutta. Moottoritien matka-aikana pidetään normaalimatka-aikaa lisättynä jonotusajalla pullonkaulassa. Jonotusaika saadaan seuraavasta kaavasta.

$$t_q = \frac{n_q}{C_q}$$

jossa	t_q on	jonotusaika (s)
	n_q	ajoneuvojen lukumäärä jonossa
	C_q	pullonkaulan välityskyky (ajon/s)

"Kriittinen jononpituus" on lyhin jononpituus, joka aiheuttaa liikenteen ohjaamisen vaihtoehtoiselle reitille. Vaihtoehtoista reittiä suositetaan, jos moottoritien normaali matka-aika lisättynä ruuhkasta aiheutuneella matka-ajalla on vähintään 50 % suurempi kuin vaihtoehtoisen reitin matka-aika:

$$\text{kriittinen matka-aika} = 1.5 t_v \leq t_n + \Delta t$$

jossa	t_v on	vaihtoehtoisen reitin matka-aika
	t_n	moottoritien normaali matka-aika
	Δt	ruuhkasta aiheutuva lisämatka-aika

Jos oletetaan, että Δt ja t_q ovat yhtä suuria (tämä on tosin yksinkertaistus), on mahdollista laskea kriittisen jonon ajoneuvomäärä:

$$n_q = t_q \times C_q = (1.5 t_v - t_n) \times C_q$$

Jos liikennetiheys jonossa on k ajon/km ja käytössä on n_l kaistaa, saadaan kriittisen jonon pituus seuraavasta:

$$l_q = \frac{n_q}{n_l \times k}$$

jossa	l_q on	jononpituus (km)
	n_l	kaistojen lukumäärä
	k	liikennetiheys (ajon/km)

Kaikille liikennekäytävän kriittisille kohdille voidaan laskea kriittinen jononpituus ja verrata sitä todelliseen jonoon. Jos jono on pitempi kuin kriittinen jononpituus, ohjataan liikennettä vaihtoeh-
toiselle reitille. /20/

Myös shokkiaallon mittaamisessa on kyse siitä, että optimoidaan ruuhkautumispistettä lähestyvien ajoneuvojen lukumäärä. Metodia käytetään mm. Rhein-Main-alueella Länsi-Saksassa.

Shokkiaalto syntyy, kun kriittiseen kohtaan saapuva liikennemäärä ylittää kapasiteetin. Tässä tapauksessa jonoa syntyy nopeudella, joka suuntautuu tiehen nähden taaksepäin. Tätä jononmuodostusta sanotaan shokkiaalloksi.

Liikennevirran perusyhtälön $q = k \times v$ mukaisesti aallon nopeus määräytyy liikennemäärä- ja liikennetiheyseroista.

$$r = \frac{q - q'}{k - k'}$$

jossa	r	on	aallon nopeus (km/h)
	q ja q'		liikennemäärä (ajon/h)
	k ja k'		liikennetiheys (ajon/km)

Jos r on negatiivinen, muodostuu jonoa. Jos r muuttuu positiiviseksi, alkaa jono purkautua.

Jonoa lähestyvien ajoneuvojen lukumäärä voidaan laskea seuraavasti:

$$n = q - r \times k = \max q - r \times k_{\max q}$$

jossa	n on	jonoa lähestyvien ajoneuvojen lukumäärä
	$\max q$	kapasiteetti
	$k_{\max q}$	kapasiteettia vastaava liikennetiheys

On mahdollista laskea shokkiaalto kaikille tieverkon kriittisille osille. Jonoa lähestyvien ajoneuvojen lukumäärän minimointi muodostaa perustan matka-aikojen optimoinnille. /20/

2.2.3 Autoilijoiden motivointi /20/

Autoilijoita voidaan motivoida noudattamaan annettua reittiohjausta seuraavin perustein:

- Autoilija tietää, että hän itse hyötyy ohjauksen noudattamisesta (ajan säästö, onnettomuusriskin pieneminen, ajosuorituksen helpottuminen).
- Autoilija on vakuuttunut siitä, että kaikki tienkäyttäjät keskimäärin hyötyvät siitä, että hän noudattaa reittiohjausta, vaikka siitä tietyissä tapauksissa ei hänelle itselleen olisikaan hyötyä, jos ei haittaakaan.

- c) Reittiohjauksesta poikkeaminen on rangaistava teko.
- d) Autoilijalla ei ole muuta vaihtoehtoa, muut reitit on suljettu.

Useimmat liikenteenohjausjärjestelmät perustuvat oletukselle, että autoilijat käyttäytyvät kuten on kuvattu kohdassa b). Silloin, jos autoilijalla on mahdollisuus valita reittinsä "poikkeavasti" ja jos hänen yhteistyöhalukkuutensa on odotettua pienempi, on otettava huomioon, että vain osa autoilijoista noudattaa annettua ohjetta. Näin on varsinkin siksi, että ohjeen noudattaminen ei ole pakollista eikä ohjeesta poikkeamista ole helppo jälkeinpäin näyttää toteen.

Useiden järjestelmien tärkein tehtävä on liikenteen jakaminen eri reiteille silloin, kun on sattunut odottamattomia ruuhkia tai häiriöitä. Tällöin on tärkeää saada mahdollisimman suuri osa halutuista ajoneuvoista noudattamaan annettua reittiohjausta. Tällöin ohjausperiaatteiden on oltava sellaisia, että autoilijat motivoituvat positiivisesti (a). Tämä saattaa merkitä kompromissia optimiratkaisuun nähden.

Jos vaihtoehtoisena reittinä on huonon palvelutason tarjoava tie, ei reittiohjausta yleensä noudateta hyvin. On tärkeää, että myös vaihtoehtoisen reitin liikennetila pystytään mahdollisimman tarkasti ennustamaan. Lisäksi on muistettava, että vaihtoehtoiselle reitille ohjatut eivät usein tunne uutta reittiä. Tämä asettaa korkeat vaatimukset vaihtoehtoisen reitin liikenteenohjaukselle.

2.2.4 Koska muuttuvilla opasteilla annetaan viesti ? /4/

On olemassa ohjausperiaatteita, joista päättäminen ei riipu järjestelmän koosta. On esimerkiksi päätettävä, koska opasteella annetaan viesti. (Tässä yhteydessä viestin antamisella tarkoitetaan sitä, että merkki on "päällä" eikä "pimeänä").

- 1) Opasteella annetaan viesti aina riippumatta siitä, onko tiellä häiriö vai ei - tai vähintään: opasteella tulee antaa viesti jatkuvasti ruuhka-aikoina ja muina aikoina häiriön sattuessa.
- 2) Opasteella annetaan viesti vain epätavallisissa ja odottamattomissa tilanteissa.

Ensimmäistä periaatetta tukevat seuraavat seikat:

- * Tienkäyttäjät saattavat arvostella tienpitäjää siitä, että tämä on tuhlaannut paljon rahaa turhaan investointiin, jos opasteet eivät jatkuvasti näytä viestiä.
- * Jos viestiä ei näytetä, autoilijoille on epäselvää, onko järjestelmä toiminnassa.
- * Järjestelmän luotettavuus saattaa kärsiä, jos viestiä ei näytetä poikkeavissa liikenneolosuhteissa ilman hyvää syytä (autoilijoiden mielestä). Merkkien jatkuva toiminta saa autoilijat vakuuttuneiksi siitä, että järjestelmä on toiminnassa. Siten, jos merkit sitten näyttävätkin tyhää, autoilijat tietävät, että järjestelmä ei ole käytössä.

- * Kun viesti annetaan myös silloin, kun mitään poikkeavaa ei ole tapahtunut, autoilijat saavat tiedon, että liikenneolosuhteet ovat normaalit.

Yllämainitut tekijät huomioon ottaen jotkut kannattavat periaatetta esittää normaaleissa liikenneolosuhteissa muuttuvilla opasteilla turvallisuusiskulauseita, tiepalveluinformaatiota, ja/tai kellonaika- ja lämpötilatietoja. Tällöin autoilijat tietävät, että järjestelmä on toiminnassa. Uskotaan, että kellonajan ja lämpötilan näyttäminen lisää uskoa siihen, että muuttuvilla opasteilla esitetään ajonkohtaista ja tarkkaa tietoa.

Jälkimmäisen periaatteen tueksi on esitetty seuraavia näkökohtia:

- * Viestiä ei tarvita, jos autoilijan ei tarvitse muuttaa ajonopeutta tai -suuntaa.
- * Jollei tiellä tapahdu mitään epätavallista, autoilijat tietävät, mitä edessä on odotettavissa esim. toistuvien ruuhkien johdosta. Annettu informaatio (ellei häiriötä esiinny) ei anna mitään sellaista, mitä autoilija ei jo tietäisi.
- * Useimmat autoilijat näkisivät samat viestit päivittäin, koska toistuvien ruuhkien seuraukset ovat samantapaiset päivästä toiseen. Toistot johtavat kyllästymiseen eivätkä autoilijat enää tarkkaile opasteita. Tällöin saattaa monelta autoilijalta jäädä huomaamatta tärkeä viesti, joka vaatisi heiltä toimenpiteitä.
- * Viestien näyttö toistuvien ruuhkien johdosta vaikeuttaa järjestelmän toimintaa kahdesta syystä. Ensinnäkin, on vaikeampaa kiinnittää autoilijoiden huomiota opasteisiin, kun he ovat tottuneet päivittäin jättämään huomiotta heidän kannaltaan merkityksettömän viestin. Tällöin saattaa olla välttämätöntä käyttää vilkkuvaloja ja muita tekniikoita kiinnittämään autoilijoiden huomiota todella tärkeisiin viesteihin. Toiseksi, saattaa tulla vaikeaksi kuvata poikkeuksellisia liikenneolosuhteita, jotka johtuvat esim. onnettomuudesta.

Näiden kahden periaatteen keskinäistä paremmuutta ei ole toistaiseksi pystytty ratkaisemaan. Ratkaisu on kuitenkin tarpeellinen, jotta järjestelmistä saadaan tältäkin osin yhdenmukaisempia.

2.3 Häiriöiden havaitseminen

2.3.1 Yleistä

Häiriöllä (incident) liikenteessä tarkoitetaan tapahtumaa, joka aiheuttaa siihen osallisten kuljettajien avustamisen tarpeen ja/tai paikalle saapuvan liikenteen varoittamisen tarpeen turvallisten liikenneolosuhteiden säilyttämiseksi. Määritelmä on sangen väljä, joten tutkimusta ja käyttöjärjestelmiä varten häiriöt täytyy tarkemmin määritellä ja jaotella.

Sen mukaan, miten häiriö vaikuttaa liikennevirtaan, häiriöt voidaan jakaa **liikennehäiriöihin** (traffic incident) ja **ajoneuvohäiriöihin** (vehicle incident).

Ajoneuvohäiriöt vaikuttavat vain yksittäisiin ajoneuvoihin, eivätkä liikennetilanteeseen kokonaisuutena. Ne voidaan edelleen luokitella tarvittavan avun mukaan (polttoaine, hinausauto, sairausauto jne.).

Liikennehäiriö on häiriö, joka aiheuttaa liikenteen hidastumista, shokkiaaltoja, ruuhkautumista ja jonoja. Jonoutumista ei katsota häiriöksi, mutta se voi siis olla häiriön seuraus. Liikennehäiriöt luokitellaan yleensä vielä sen mukaan, vaativatko ne erityisiä ruuhkan purkutoimia.

Liikennehäiriöitä ovat esim.

- * tietyt
- * onnettomuudet
- * liikennesuhteet
- * ylisuuret kuljetukset
- * huonot sää- ja keliolosuhteet
- sumu
- sade
- lumi
- tuuli
- jää
- kelirikko

Keski-Euroopassa tehtyjen tutkimusten mukaan **taajaman ulkopuolella** pääteillä tapahtuu noin 40 häiriötä/km vuodessa. Näistä noin puolet on tietöitä. Moottoriteillä luvut ovat hieman korkeampia (noin 30-60/km/a). /7/

Taajamassa häiriöitä on selvästi enemmän, keskiarvossa (eurooppalaisittain) kaupungissa 80, suurkaupunkien vilkkailla moottoriväylillä 200-400 häiriötä/km vuodessa. /7/

Haitallisimpia häiriöitä ovat tietyt, seuraavaksi haitallisimpia onnettomuudet. Tietyt kestävät kauimmin (parista tunnista useisiin päiviin), mutta niiden esiintyminen tiedetään etukäteen. Muista häiriöistä (erityisesti onnettomuuksista) 25-40 % kestää yli puoli tuntia. /7/

Jotta edellä esitettyjä haittoja voitaisiin vähentää, täytyy häiriöt havaita ja paikallistaa mahdollisimman nopeasti. Tätä varten on liikenteenohjausjärjestelmissä erityisiä häiriöiden havaitsemisjärjestelmiä.

Jos häiriöt havaitaan nopeasti, voidaan tehdä erilaisia toimenpiteitä, jotka parantavat turvallisuutta, lisäävät mukavuutta ja lyhentävät matka-aikoja.

- * Lähestyviä ajoneuvoja voidaan varoittaa ajoissa, jotta ne ehtivät vähentää nopeutta.
- * Autoilijoita voidaan ohjata vaihtoehtoiselle reitille, jos häiriöstä aiheutuva viivytys on suuri.
- * Tiellä oleva este voidaan poistaa nopeammin. Siten sekundaarionnettomuuksien vaara vähenee ja "pullonkaula-tilanne" kestää lyhyemmän ajan.
- * Sairaalahoidtoa, huoltoapua tms. tarvitsevat saavat apua nopeammin. /8/

Häiriön paikallistamisen (paikka ja aika) lisäksi havaitsemisjärjestelmän tehtäviin kuuluu häiriön luonteen ja merkitsevyyden arvioiminen. Näiden tietojen perusteella voidaan määrittää oikeat keinot häiriön poistamiseksi ja sen seurausten eliminoimiseksi. /20/

Häiriöiden havaitsemisjärjestelmät voidaan käytettävän menetelmän mukaisesti jakaa kahteen luokkaan:

- ei-automaattinen häiriöiden havaitseminen
- automaattinen häiriöiden havaitseminen.

Ei-automaattiset järjestelmät perustuvat silminnäkijöiden havaintoihin. Automaattisissa järjestelmissä hälytyksen tekee laitteisto ilmaisimilla saatujen liikennetietojen perusteella. /8/

Häiriöiden havaitsemista alettiin tutkia Yhdysvalloissa 1960-luvun alussa ja monia ei-automaattisia ja automaattisia järjestelmiä on siellä nykyään käytössä. Euroopassa ei-automaattiset järjestelmät ovat yleisiä. Automaattista häiriöiden havaitsemista alettiin Euroopassa tutkia vasta 1970-luvun alussa ja käytössä on toistaiseksi vain harvoja automaattisia järjestelmiä. /8/

2.3.2 Ei-automaattinen häiriöiden havaitseminen /8/

Sellaisia häiriöiden havaitsemisjärjestelmiä, jotka perustuvat silminnäkijöiden suorittamaan hälytykseen, sanotaan ei-automaattisiksi järjestelmiksi. Havainnot voidaan tehdä joko suoraan tiellä tai suljetun piirin tv-kamerajärjestelmän avulla ohjauskeskuksessa. Havainnoinnin ja hälytyksen voi suorittaa joko häiriöön osallinen tienkäyttäjä, muu tienkäyttäjä tai tehtävään erityisesti käytettävä henkilökunta.

Tavallisimpia ei-automaattisia menetelmiä ovat

- tiepartiot
- hätäpuhelimet
- suljetun piirin tv-järjestelmät
- jokamiehen radiopuhelimet.

Ei-automaattiset häiriöidenhavaitsemisjärjestelmät ovat luotettavia onnettomuustapauksissa ja vakavissa häiriöissä, mutta vähäisemmät häiröt jäävät havaitsematta. Lisäksi viive ja häiriön alkamisen havaitsemisen välillä voi olla suuri.

2.3.3 Automaattinen häiriöiden havaitseminen /8/

Automaattinen häiriöiden havaitseminen perustuu tiellä olevien ilmaisimien antaman liikennetiedon jatkuvaan analysointiin. Tämän analysoinnin tarkoituksena on havaita häiriöstä aiheutuvat liikennevirran ominaisuuksien muutokset. Kun liikennemäärät ovat suuret, häiriöt aiheuttavat muutoksia sekä liikenteen ylä- että alavirrassa. Ylävirrassa autoilijat vaihtavat kaistaa ja hidastavat. Alavirrassa autoilijat reagoivat alhaisempaan liikennetiheyteen ajamalla nopeammin ja vaihtamalla kaistaa käyttääkseen hyväksi tyhjää kaistaa.

Täten liikennevirrasta tulee yhteyslinkki häiriön ja ilmaisimien välille. Näistä liikennetiedoista ohjausyksikkö päättelee algoritmin avulla, onko häiriö tapahtunut.

Nämä algoritmit perustuvat joko tiettyjen liikenneparametrien aika-jakaumaan tietyssä pisteessä tai tilajakaumaan tiettyinä hetkenä tai näiden jakaumien yhdistelmään. Parametrit lasketaan esim. 20 sekunnin välein käyttäen 1 minuutin laskentajaksoa.

Automaattiselta häiriöidenhavaitsemisjärjestelmältä toivotaan kolmea ominaisuutta:

- * nopea havainnointi
- * vähän vääriä hälytyksiä
- * suuri osa häiriöistä havaitaan.

Nämä tavoitteet ovat osittain ristiriitaisia. Jotta järjestelmä havaitsisi mahdollisimman suuren osan häiriöistä, joudutaan usein sallimaan suuri virrehälytysaste. Tämä voidaan kuitenkin hyväksyä, jos hälytysten tarkastamiseen on käytössä suljetun piirin tv-kamerajärjestelmä.

Automaattiset häiriöidenhavaitsemisalgoritmit voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- tunnistamiskaava-algoritmit
- ennustusmallialgoritmit.

Tunnistamiskaava-algoritmit perustuvat suoraan ilmaisintiedostoista laskettuihin liikenneparametreihin; tavallisesti ilmaisimien käyttösuhte, nopeus, liikennetiheys, aikaväli tai näiden derivaatat. Häiriöolosuhteet erotetaan normaaliolosuhteista laskettujen ominaisuuksien empiirisesti saaduilla raja-arvoilla.

Ennustusmallialgoritmit ovat vielä kokeiluasteella. Näiden algoritmien peruseriaatteena on se, että alavirrassa olevan mittausaseman (tai seuraavan aikavälin) parametrien arvot ennustetaan perustuen ylävirran aseman (tai edellisen aikavälin) mittaustuloksiin. Jos ennustetut parametrit poikkeavat merkittävästi lasketuista arvoista, oletetaan häiriön esiintyneen.

Euroopassa automaattista häiriöiden havaitsemista on tutkittu mm. Englannissa, Ranskassa, Ruotsissa, Länsi-Saksassa ja Hollannissa. Tähän asti käytössä on ollut lähinnä tunnistamiskaava-algoritmeja.

Automaattisen häiriönhavaitsemisjärjestelmän suurimpana etuna on se, että sen avulla voidaan suhteellisen halvalla tarkkailla jatkuvasti laajaa tieverkkoa. Sen huonoimpana puolena on se, että menetelmän avulla ei voida määritellä häiriön laatua. Täten tarvitaan yleensä lisävalvontaa, jotta voidaan määritellä tarvittavat hoitotoimenpiteet.

2.4

Muuttuvien opasteiden vaikutuksia

Automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien yleisiä tavoitteita on lueteltu kohdassa 2.1. Tavoitteet on helppo määritellä, mutta niiden saavuttamisen mittaaminen voi joskus olla jopa mahdotonta. Päätöksenteon tueksi vaaditaan kuitenkin yleensä tietoa toimenpiteen kannattavuudesta. Näiden kannattavuuslaskelmien päästarkoituksena on määrittää, kuinka hyvin toimenpiteellä päästään tavoitteisiin. Laskelmia tehdään sekä ennen toimenpiteen toteuttamista että sen jälkeen.

Järjestelmiltä vaaditaan yleensä vähintään, että niistä saatava hyöty on suurempi kuin kustannukset. Etenkin tässä vaiheessa, kun järjestelmät ovat vasta tulossa Suomeen, on kuitenkin sangen vaikea tehdä luotettavia kannattavuuslaskelmia. Laskelmien tekoa vaikeuttaa se, että järjestelmien vaikutukset ovat usein hyvin laajat. Lisäksi ei tiedetä järjestelmien vaikutuksia maamme olosuhteissa. Siksi olisikin tarvetta kokeilla erilaisia järjestelmiä. Toteutettavien järjestelmien vaikutuksia on tutkittava tarkoin, jotta voitaisiin luoda sopivat käyttöperusteet järjestelmille.

Kohdassa 3.2 mainitun IMIS-järjestelmän suunnittelun yhteydessä tutkittiin yhdeksän vaihtoehdon vaikutuksia. Selvityksen mukaan järjestelmällä pystyttäisiin seuraaviin parannuksiin:

Minimi-maksimisäästö 9 vaihtoehdossa

Matka-aika	1,0 - 2,9 miljoonaa ajoneuvotuntia vuodessa
Polttoaine	3,8 - 10,2 miljoonaa litraa vuodessa
Onnettomuudet	160 - 200 onnettomuutta vuodessa
Saasteet (CO)	1,0 - 2,7 miljoonaa kiloa vuodessa

Vaihtoehtojen hyöty-kustannussuhteet vaihtelivat 1.9 - 2.4. New Yorkin osavaltio päätti investoida 25 miljoonaa US \$ laajimpaan vaihtoehtoon. Järjestelmän on tarkoitus valmistua vuonna 1984, jonka jälkeen sen toimintaa analysoidaan tarkasti. /13/

Länsi-Saksassa on saatu hyviä tuloksia muuttuvilla nopeusrajoituksilla nopeilla teillä. Moottoritiellä näytettiin nopeusrajoitusta 100 km/h, kun liikennemäärän ajosuunnassa odotettiin pian nousevan noin 2.000 ajon/h:een (kaksi kaistaa/suunta). Merkit vaihtuivat nopeusrajoitukseksi 80 km/h, kun tämä liikennemäärä saavutettiin.

Kun mitään nopeusrajoitusta ei näytetty, ajoi 90 % autoilijoista yli 95 km/h. Kun 100 km näytettiin, ajoi 38 % nopeammin kuin 95 km/h ja nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h ylitti 95 km/h noin 8 % autoilijoista. Nopeuksien keskihajonta putosi suunnilleen arvosta 14 km/h arvoon 7 km/h. Lisäksi tutkimukset osoittivat, että lyhyiden ja vaarallisten aikavälien (alle 1,5 s) osuus väheni. Samoin vähenivät ja lievenivät onnettomuudet verrattuna vastakkaiseen suuntaan, jolla muuttuvia opasteita ei käytetty. /3/

Ruotsissa on vertailtu muuttuvan nopeusrajoitusjärjestelmän ja kevyen liikenteen tunnelin turvallisuusvaikutuksia koulujen yhteydessä /11/. Seuraavassa on esitetty yhteenveto kummankin eduista (+) ja haitoista (-).

Muuttuva nopeusrajoitus

- + Nopeusrajoitusjärjestelmän kustannukset ovat selvästi pienemmät
- + Autoilijoiden nopeudet pienenevät
- Muuttuvaa opastetta ei aina huomata
- Nopeusrajoitus aiheuttaa lisämatka-aikaa autoilijoille

Tunneli

- + Tunnelin käyttäjät alittavat risteävän tien täysin turvallisesti.
- On vaikeaa saada lapsia käyttämään tunnelia, jos se aiheuttaa yli 50 - 100 metrin lisämatkan. Tällöin osa jalankulkijoista ylittää tien tasossa.

Aichelbergissä Länsi-Saksassa on vuodesta 1976 lähtien ollut käytössä ruuhkavaroitussjärjestelmä noin 8 kilometrin matkalla moottoritiellä. Järjestelmän tarkoituksena on parantaa liikenneturvallisuutta ja vähentää ruuhkautumista. Ruuhkautumista edistää se, että tiellä on 7 %:n pituuskaltevuus ja 400 m:n kaarresäde. Ruuhkia aiheuttavat myös tielle pysähtyneet ajoneuvot. Ohjaus toteutetaan ajoradan yläpuolisilla muuttuvilla opasteilla, joilla voidaan antaa kolme eri nopeussuositusta "100", "80" ja "60" sekä varoitus "RUUHKA".

Järjestelmän investointikustannukset olivat n. 4,6 miljoonaa DM. Käyttökustannukset olivat vuosina 1976 - 1980 noin 0,2 miljoonaa DM vuodessa. Vuosina 1976 - 1980 kustannuksia syntyi siten yhteensä n. 5,6 miljoonaa DM.

Samana ajanjaksona saatujen hyötyjen arvo on arvioitu seuraavan suuruisiksi:

Onnettomuussäästöt	6,055 - 12,150 milj, DM
Aikasäästöt	0,785 - 1,102 milj, DM
Ajoneuvokustannussäästöt	45.200 - 63.500 DM

Hyötyjen arvo yhteensä oli noin 6,9 - 13,3 miljoonaa DM. Tämä on 1,3 - 7,7 miljoonaa DM enemmän kuin kustannukset, joissa on mukana investointikustannukset kokonaisuudessaan. Järjestelmä on siis selvästi kannattava. /2/

3. MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖKOhteet

3.1 Yleistä

Muuttuvia opasteita alettiin käyttää Yhdysvalloissa 1950-luvun lopulla. 1960-luvulla laitteita otettiin käyttöön myös Englannissa, Länsi-Saksassa, Japanissa, Italiassa ja Ranskassa. 1970-luvulla laitteiden kehittyminen ja muuttuvien opasteiden käyttö lisääntyi. Uusia käyttäjämaita olivat mm. Alankomaat ja Sveitsi.

Suomessa on tähän alaan kuuluvina ensimmäisenä otettu käyttöön Vantaalla Kehä III:n nopeusopastimet vuonna 1975. /24/

Muuttuvia opasteita voidaan käyttää useimpiin niistä tehtävistä, joihin tavallisia kiinteitä liikennemerkkejäkin käytetään. Niiden käyttö on tarpeellista kuitenkin vain silloin, kun opasteen viesti on ajankohtainen vain tilapäisesti tai kun eri aikoina tarvitaan eri viestejä.

Muuttuvilla opasteilla voi olla mm. seuraavia tarkoituksia:

* liittymässä:

- sekoittumisalueiden toimintojen helpottaminen
- viivytysten ja vaaratilanteiden välttäminen
- ramppiliikenteen säännöstely

* väyläjaksolla (jakso- tai pistekohtaisena):

- vapaan liikennevirran ylläpitäminen
- peräänajojen välttäminen
- huonoista sää- ja keliolosuhteista varoittaminen
- tilapäisten pullonkaulojen (tietyömaat, onnettomuudet) osoittaminen
- ajoittain toistuvista vaaroista varoittaminen
- kaistan varaaminen erityistarkoituksiin
- muuttuvien nopeusrajoitusten osoittaminen
- välityskyvyn optimaalinen hyväksikäyttö

* tieverkolla:

- liikenteen ohjaaminen tiettyjen ruuhkautuneiden tiejaksojen ohi (reittiohjaus)
- liikenteen ohjaaminen epäedullisten liikenneolosuhteiden (pysähdykset, sumu jne.) ohi

Muuttuvat opasteet voidaan tehtävänsä puolesta luokitella seuraavasti:

- reittiohjaus
- kaistaohjaus
- nopeusohjaus
- liikenteen varoittaminen
- muut tehtävät.

Kohdissa 3.2 - 3.5 on lueteltu esimerkkejä muuttuvien opasteiden käyttökohteista.

3.2

Reittiohjaus

Reittiohjauksen tarkoituksena on ohjata liikenne vaihtoehtoisille reiteille liikenteen ruuhkautuessa tai muussa häiriötilanteessa. Joustavan ohjauksen avulla voidaan lyhentää matka-aikoja ja säästää ajokustannuksia sekä saavuttaa tasapainoisempi tieverkon käyttö. Viimeksi mainittu seikka voi vähentää tienrakennustarvetta. /14/

Reittiohjaus on joko kollektiivista tai yksilöllistä. Kollektiivisessa ohjauksessa annetaan kaikille tienkäyttäjille samat tiedonannot tietyllä hetkellä ja tietyssä paikassa. Kollektiivinen reittiohjaus toteutetaan yleensä muuttuvien opasteiden avulla.

Yksilöllinen reittiohjaus annetaan tietyille kuljettajille perustuen ajoneuvon identiteettiin ja määräpaikkaan. Informaatio on siten kaksisuuntaista (auto-tie-auto). Yksilöllinen reittiohjaus toteutetaan yleensä auton sisällä kuultavien tai nähtävien tiedotusten avulla.

Tässä esityksessä käsitellään muuttuvien opasteiden avulla toteutettavaa kollektiivista reittiohjausta.

Reittiohjaus voidaan ohjeen luonteen mukaan luokitella seuraavasti:

- vapaaehtoinen reittimuutos
- ehdotettu yleinen reittimuutos
- ehdotettu reittimuutos tietylle reitille
- dynaaminen reittiohjaus
- pakollinen reittimuutos. /3/

Vapaaehtoisessa reittimuutoksessa tienkäyttäjille ilmoitetaan häiriön luonne ja sijainti. Reittimuutosta ei ehdoteta, vaan reitinvalinta perustuu tienkäyttäjän kokemuksiin ja tietoon käytettävissä olevista vaihtoehtoisista reiteistä. Dallasissa tehdyissä tutkimuksissa havaittiin tällaisilla järjestelyillä reittimuutosten lisääntyvän 34 % verrattuna häiriötilanteeseen, jossa ei käytetä muuttuvia opasteita.

Toinen lähestymistapa on **kehottaa tienkäyttäjiä valitsemaan toinen** tarkemmin määrittelemätön **reitti**. Tätä tapaa on käytetty, kun käytettävissä on useita vaihtoehtoisia reittejä.

Edellisiä yleisempi tapa on **kehottaa tienkäyttäjiä käyttämään tiettyä vaihtoehtoista reittiä**. Tämä strategia toimii erityisen hyvin, kun käytettävissä on yksi hyvän palvelutason tarjoava vaihtoehtoinen reitti. Esim. Dallasissa jalkapallopeliin menijöistä 85 % siirtyi ehdotetulle vaihtoehtoiselle reitille.

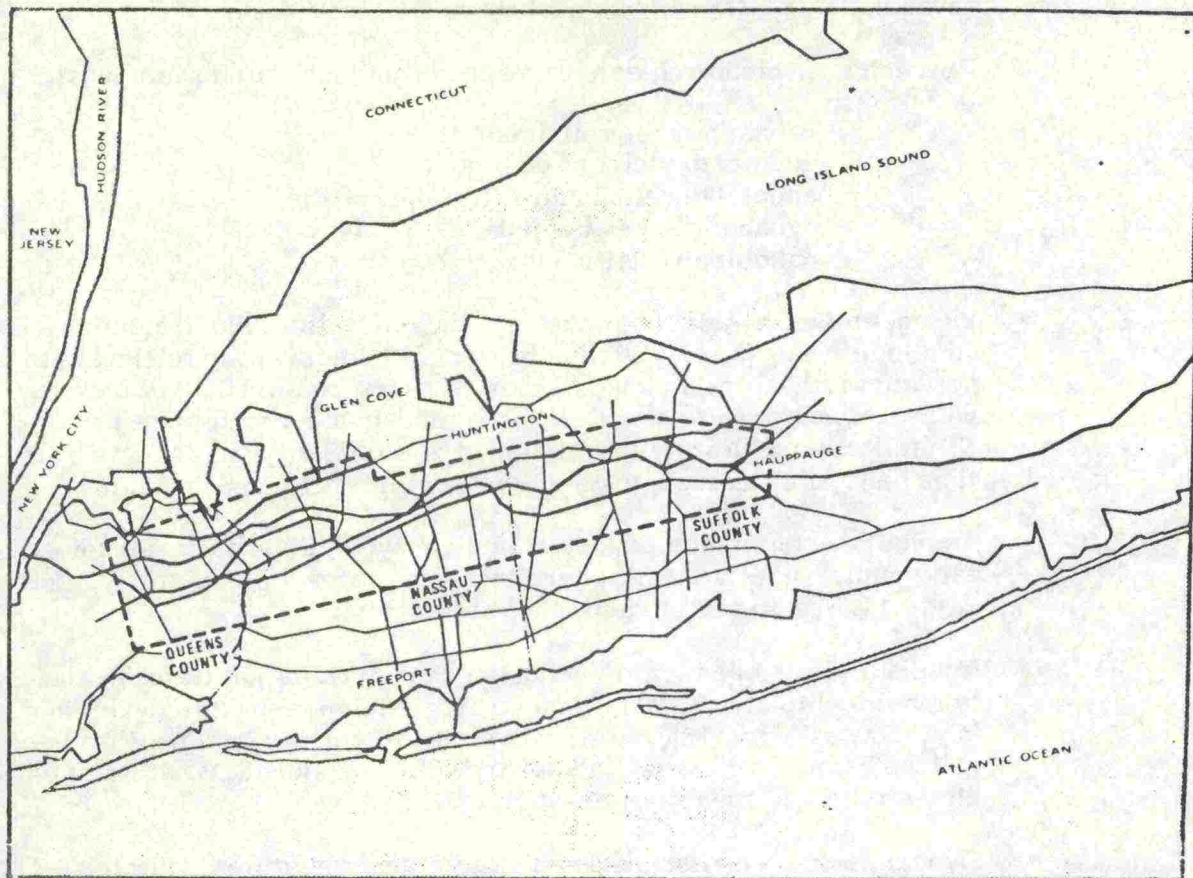
Dynaamisessa reittiohjauksessa käytetään muuttuvia "kiinteiden" merkkien näköisiä viitoitusmerkkejä ohjaamaan eri määränpäihin suuntautuvat liikennevirrat niille reiteille, jotka parhaiten soveltuvat senhetkiseen liikennetilanteeseen. Ranskassa menetelmää on käytetty menestyksellisesti kaupunkien välisessä liikenteessä loma-ajan liikennehuippujen tasaamiseen. Länsi-Saksassa tehdyn tutkimuksen mukaan 80 - 90 % autoilijoista siirtyi uudelle reitille.

Joissakin järjestelmissä on käytetty **pakollista reittimuutosta**, joka toteutetaan esim. kääntymiskieltojen avulla.

Euroopan maista reittiohjausta on eniten käytetty Ranskassa ja Länsi-Saksassa. Ranskassa on yli 10 järjestelmää, joissa autoilijat ohjataan 20 - 80 km pitkiä reittejä pitkin ruuhkautuneiden tiejaksojen ohi. Näitä järjestelmiä on käytetty vuodesta 1968 lähtien. Lisäksi Ranskassa on n. 10.000 km merkittyjä kiertoteitä lähinnä loma-ajan liikenteen varalle. Nämä kiertotiet, jotka ovat jopa satojen kilometrien pituisia, on merkitty esim. pienin vihrein kiintein nuolin. Niille opastetaan pääteiltä muuttuvien opasteiden avulla.

Länsi-Saksassa reittiohjausta on käytetty lähinnä moottoritieverkolla 1970-luvulta lähtien.

Yhdysvalloissa rakennettiin paljon reittiohjausjärjestelmiä 1960- ja 1970-luvuilla. Erityisen laaja ja monipuolinen järjestelmä on IMIS (Integrated Motorist Information System) New Yorkissa (kuva 15). Se käsittää 266 km päätieta 56 x 8 km suuruisella alueella. Sen tärkein tiedotusväline on muuttuvat opasteet. Järjestelmä on kokeiluvaiheessa ja se valmistunee vuoden 1984 aikana.



Kuva 2
IMIS-järjestelmä

Norjassa on vuodesta 1976 lähtien käytetty muuttuvaa reittiohjausta avattavien siltojen yhteydessä Trondheimissä.

Reittiohjauksen erikoistapauksena voidaan pitää pysäköintiohjausta. Mm. Englannissa ja Länsi-Saksassa on toteutettu järjestelmiä, joissa kaupungin keskustan sisääntuloväylien varteen on sijoitettu muuttuvia opasteita. Ne ohjaavat autoilijat sellaiseen pysäköintilaitokseen, jossa on vapaita autopaikkoja.

Suomessa on muuttuvaa reittiohjausta suunniteltu käytettäväksi avattavien siltojen yhteydessä Joensuussa ja Helsingissä /15, 16/. Kumpaakaan järjestelmää ei ole vielä toteutettu. Lauttasaaren sillan liikenteenohjausjärjestelmän arvioidaan valmistuvan vuoden 1985 aikana.

3.3

Kaistaohjaus

Kaistaohjauksessa ohjataan monikaistaisen tien kutakin kaistaa erikseen kaistakohtaisilla, ajoradan yläpuolisilla muuttuvilla opasteilla. Opasteet sijaitsevat tiejaksolla yleensä n. 500 -1000 metrin välein.

Kaistaohjausta voidaan käyttää:

- tiettyjen kaistojen sulkemiseen esim. tietöiden yhteydessä
- kapasiteetin lisäämiseen ruuhkasuunnalla käyttämällä vaihtuvasuuntaisia kaistoja
- varoittamaan liikennettä edessä olevasta onnettomuudesta tai liikennehäiriöstä tai kaistan sulkemisesta
- kaistan varaamiseen erikoistarkoituksiin (esim. joukko-liikenne).

Kaistaohjauksen käyttö on yleistynyt viime vuosina ympäri maailmaa moottoriteillä sekä siltöjen ja tunnelien yhteydessä. Ruotsissa kaistaohjausta käytetään Göteborgissa Tingstadstunnelin yhteydessä, jossa onnettomuustiheys on puolet verrattuna vastaavanlaisiin liikennejärjestelyihin ilman kaistaohjausta.

3.4 Nopeusohjaus

Nopeusohjausjärjestelmien tarkoituksena on sovittaa ajoneuvojen nopeus vallitseviin olosuhteisiin tai liikenteenohjausjärjestelmän muihin tarpeisiin. Nopeusohjausta voidaan käyttää myös paikallisten vaarakohteiden yhteydessä esimerkiksi liittämällä säävaroitustajestelmään nopeakrajoitus tai nopeaksuositus. /19/

Nopeusohjaus toteutetaan antamalla muuttuvilla opasteilla ajosuunta- tai kaistakohtainen nopeakrajoitus tai -suositus.

Nopeusohjauksen tavoitteena on

- pitää yllä vakaata liikennevirtaa
- parantaa liikenneturvallisuutta
- lisätä kapasiteettia
- vähentää kiihdytyksiä ja siten vähentää melua, polttoaineen kulutusta ja saastumista.

Nopeusohjausta käytetään osana moottoriteiden liikenteenohjausjärjestelmää mm. Yhdysvalloissa, Kanadassa, Japanissa ja Keski-Euroopassa.

Sveitsissä Walenseessa käytetään nopeakohjausta estämään jononmuodostusta. Walenseen kohdalla moottoritie päättyy. moottoritien välityskyky on suurempi kuin sen jatkeena olevan tien, jolloin muodostuu pullonkaula. Tämä ja suuret liikennemäärät viikonloppuisin aiheuttavat jopa 30 km:n pituisia jonoja. Tie levennetään vuoteen 1987 mennessä. Siihen asti jononmuodostusta vähentää nopeakohjausjärjestelmä, jonka avulla alennetaan liikenteen nopeutta ennen pullonkaulaa. Järjestelmä asennettiin vuonna 1975. Se on toiminut hyvin. Tosin sen vaikutus kapasiteettiongelmaan on rajoitettu. /22/

Länsi-Saksassa asennettiin vuonna 1982 Stuttgartiin ja Wuppertaliin DESCO (Decentralized Speed Control) - nopeakohjausjärjestelmät (yht. 40 km). Yksisuuntaisen tieosan alussa kerätään tietoa liikennetilanteesta (liikennemäärä, liikennetiheys, nopeakjakauma) ja ympä-

ristöolosuhteista (valoisa/pimeä, kuiva/märkä). Tienvarressa oleva mikroprosessori arvioi nämä tiedot ja päättää nopeusrajoituksen (tai -suosituksen) käyttäen ohjelmoitua päättelyalgoritmia. Nopeusrajoitukset esitetään muuttuvilla opasteilla. Peräkkäisten opasteiden välille ei tarvita yhteenkytkentää, mutta se on mahdollista. Keskusohjausyksikköä ja kallista kaapelointia ei siis välttämättä tarvita. /22, 26/

Mm. Norjassa ja Ruotsissa on käytössä koulujen läheisyydessä muuttuva nopeusrajoitus. Nopeusrajoituksena on yleensä 50 km/h. Koulu- ja liikumisaikoina muutetaan nopeusrajoitus 30 km/h:iksi muuttuvien opasteiden avulla. Muuttuvien opasteiden vaikutuksen on todettu olevan parempi kuin kiinteiden merkkien. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan 85 %:n nopeudet putosivat 47 km/h:stä 36 km/h:een. Keskinopeudet putosivat 38,5 km/h:stä 29,0 km/h:ään. Konfliktit vähenivät alle puoleen entisestä. Erityisesti pitkäaikaisvaikutukset ovat muuttuvilla opasteilla selvästi paremmat kuin kiinteillä opasteilla.

Mm. Englannissa on kokeiltu järjestelmiä, joissa mitataan ajoneuvojen nopeuksia. Jos ajoneuvo ylittää ennalta asetetun rajanopeuden, syttyy muuttuva opaste, joka ilmoittaa autoilijan ajavan liian nopeasti. /22/

3.5

Liikenteen varoittaminen

Muutuvia opasteita on käytetty varoittamaan liikennettä seuraavista häiriöryhmistä:

- sää- ja keliolosuhteet
- ruuhka ja onnettomuudet
- tietyömaat
- muut häiriöt

3.5.1 Sää- ja keliolosuhteet

Tyypillisiä sää- ja kelivaroitusjärjestelmien käyttökohteita ovat tienkohdat, joissa esiintyy paikallisia vaaralliseksi todettuja olosuhteita. Näitä ovat voimakkaat tuulet, heikko näkyvyys ja tienpinnalle kerääntyvä vesi sekä yleensä tienpinnan liukkaus. /9/

Yleisimmät automaattiset säävaroitukset koskevat sumua. Mm. Länsi-Saksassa on toiminnassa automaattisia järjestelmiä, joissa kuljettajia varoitetaan paikallisesta sumusta. /14/

Sää- ja kelivaroitusten tarkoituksena on vähentää onnettomuuksia lisäämällä tienkäyttäjien tarkkavaisuutta ja motivoimalla heitä soveltamaan nopeutensa huonontuneisiin olosuhteisiin. /14/

3.5.2 Ruuhka ja onnettomuudet

Ruuhka- ja onnettomuusvaroitussysteemit varoittavat tienkäyttäjiä edessä olevasta odottamattomasta liikenneluuhasta. Tarkoituksena on kiinnittää autoilijoiden huomio ruuhkan aiheuttamaan shokkiaaltoon, jotta peräänajo-onnettomuuksilta välttyttäisiin. Tyypillisiä ruuhkien esiintymiskohtia ovat pitkät nousut, tien kavennukset (kaistaluku alenee) ja tietyöt. Tavoitteena on erityisesti vähentää sekundaarionnettomuuksia, joiden osuus pääteiden onnettomuuksista voi olla jopa 20 - 50 %.

Varoitukseen liitetään usein myös nopeusrajoitus tai -suositus, joilla pyritään stabiloimaan liikennevirtaa.

Ruuhka- ja onnettomuusvaroitussysteimejä on käytetty mm. Hollannissa ja Länsi-Saksassa 1970-luvun puolivälistä lähtien. /22/

3.5.3 Tietyömaat

Tietyöt ovat epämiellyttäviä tienkäyttäjille. Vilkas ja nopea liikenne on epämiellyttävää tietyömaalla työskenteleville. On usein huomautettu, että tienkäyttäjät eivät piittaa Tietyö-liikennemerkistä ja ohittavat tietyömaan liian suurella nopeudella. Syy tähän saattaa olla se, että nykyiset liikenteenohjauslaitteet eivät anna autoilijalle riittävästi informaatiota.

Suuret tietyömaat vähentävät usein tien kapasiteettia. Tämä saattaa johtaa ruuhkautumiseen ja viivytyksiin. Tietyömaiden on todettu aiheuttavan liikenneturvallisuusongelmia etenkin korkealuokkaisilla teillä, joilla on vilkas liikenne. Onkin syytä pyrkiä kehittämään liikenteenohjausta tietyömaiden yhteydessä.

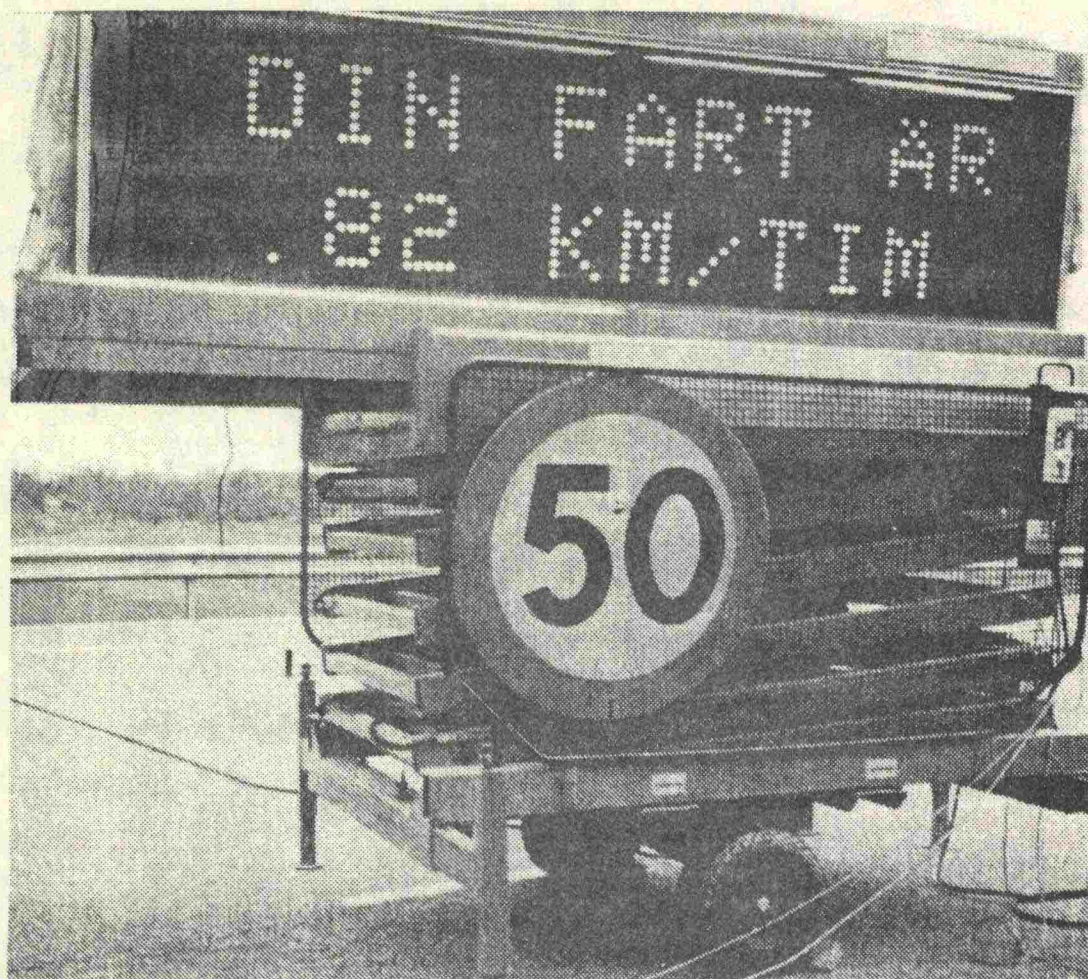
TVH:n selvityksen perusteella voidaan arvioida, että etenkin päällystystyömailla tapahtuu enemmän onnettomuuksia kuin vastaavilla teillä normaalisti. /23/

Ruotsissa on kokeiltu tietyön yhteydessä muuttuvaa opastetta (levymatriisi, kuva 3). Kokeilu toteutettiin korkealuokkaisella kaksikaistaisella tiellä. Tietyömaa-alueella oli 50 km/h nopeusrajoitus. Merkillä näytettiin seuraavia viestejä.

NOPEUTESI ON XX KM/H
ESTEITÄ TIELLÄ
VALMISTAUDU PYSÄHTYMÄÄN
HIDASTA
AJAT LIIAN NOPEASTI

Ensimmäinen ja kaksi viimeksi mainittua viestiä näytettiin vain niille autoilijoille, jotka ajoivat yli 50 km/h.

Tutkimuksissa voitiin todeta, että tutkituilla opasteilla oli myönteinen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Ylinopeutta ajaneet vähensivät nopeutta 4 - 8 km/h ja autoilijoiden valppaus lisääntyi. /12/



Kuva 3

Ruotsalaisissa tutkimuksissa käytetty levymatriisityyppi /12/

3.5.4 Muut häiriöt

Kappaleissa 3.5.1 - 3.5.3 mainittujen häiriöiden lisäksi sattuu tiellä myös muita häiriöitä. Nämä voivat johtua esim. tiellä liikkuvista ajoneuvoista tai tielle ryntäävistä eläimistä.

Eri maiden liikennesääntöihin sisältyy yleensä määräys pitää riittävä väli edessä ajavaan. Koska laissa ei anneta täsmällisiä arvoja välimatkasta tai aikavälistä, on lain valvonta ollut vaikeata. Liian lyhyiden aikavälien on kuitenkin oletettu myötävaikuttaneen onnettomuuksien syntyyn. Myös on todettu, että kuljettajat eivät pysty arvioimaan ajoneuvojen välisiä etäisyyksiä oikein. Siitä syystä on Yhdysvalloissa kokeiltu järjestelmää "Following Too Closely (FTC) Monitor System", joka ilmoittaa liian pienistä aikaväleistä. Järjestelmään kuuluvat ajorataan upotetut ilmaisimet ja infrapunalaitteet, jotka on yhdistetty elektroniseen ajanottolaitteeseen ja opastetauluun. Jos kahden ajoneuvon välinen aikaero on 0.70 - 1.25 sekuntia alkaa opastetaulussa vilkkua teksti "Danger" tekstin "Following too closely" alapuolella. Jos aikaväli on alle 0.70 s alkaa vilkkua testi "Violation" ja varoituskello alkaa soida. /17/

Vuoden ennen-jälkeen kokeilussa todettiin henkilövahinkojen vähen-
tyneen 34 % ja hankkeen hyötykustannussuhteeksi saatiin 2.25. /17/

Myös Englannissa on kokeiltu vastaavanlaista järjestelmää /22/.

Norjassa on vuodesta 1977 lähtien ollut käytössä useita järjestelmiä, joiden tarkoituksena on estää eläinonnettomuuksia. Tienvarressa olevat infrapunailmaisimet havaitsevat vain isot eläimet. Kun havainto saadaan, ohjausyksikkö sytyttää muuttuvat opasteet, jotka varoittavat lähestyvistä eläimistä. Samalla kerätään tieto eläinten lukumäärästä, kulkusuunnasta ja ajankohdasta. Erikoistutkimuksia varten käytetään videokameraa ja -nauhuria, jotka käynnistyvät automaattisesti muutamaksi minuutiksi, kun havainto saadaan. /22/

Muuttuvia opasteita on käytetty myös varoittamaan ylikorkeita ajoneuvoja. Hyvissä ajoin ennen rajoitettua alikulkukorkeutta mitataan ajoneuvon korkeus. Jos ajoneuvo on liian korkea, sytytetään muuttuva opaste, joka varoittaa kyseisen ajoneuvon kuljettajaa.

4. MUUTTUVIEN OPASTEIDEN TEKNISET RATKAISUT

4.1 Muuttuville opasteille asetettavia vaatimuksia

Muuttuvien opasteiden paremmuus kiinteisiin merkkeihin verrattuna perustuu siihen, että niillä voidaan antaa ajankohtaista, vallitseviin liikenne- ja sääolosuhteisiin perustuvaa informaatiota. Täten niiden havaitseminen on erityisen tärkeää. Havaittavuus onkin yksi muuttuvien opasteiden tärkeimmistä vaatimuksista. Havaittavuutta voidaan parantaa mm. erikoisella ulkonäöllä, käyttämällä tavallista suurempaa merkkiä tai käyttämällä merkin yhteydessä vilkkuvaloja.

Jotta muuttuvien opasteiden viestit ymmärrettäisiin oikein, tulee niissä käyttää tekstiä ja symboleja, jotka ovat autoilijoille entuudestaan tuttuja kiinteistä liikennemerkkeistä.

Autoilijan pitää pystyä ajoissa havaitsemaan ja tunnistamaan muuttuva opaste, jotta hän ehtii sopeuttamaan ajokäyttäytymisensä merkin mukaiseksi. Luettavuusvaatimukset vaihtelevat suuresti liikenneympäristön ja opasteen välittämän viestin mukaan. EUCO-COST 30-työryhmä on luetellut joitakin luettavuus- ja havaittavuusvaatimuksia. Sen mukaisesti taajaman ulkopuolella merkin tulisi olla havaittavissa ja sen luonteen (varoitusta, rajoitusta, opastusta jne) tunnistettavissa 200 metrin etäisyydeltä. Merkin sisällön tulisi olla luettavissa vähintään 150 metrin etäisyydeltä, lisäkilven kuitenkin vähintään 75 metrin etäisyydeltä. Merkin tulisi olla luettavissa ainakin 35 metriin asti merkistä mitattuna. /6/

Muuttuvat opasteet joutuvat usein toimimaan vaikeissa olosuhteissa, alttiina mm. sään aiheuttamille rasituksille ja aurauslumelle. Näistä vaikeuksista huolimatta merkin tulee toimia luotettavasti. Siksi on etukäteen huolellisesti selvitettävä mm. merkin seuraavat ominaisuudet:

- herkkyyden lämpötilan vaihteluille
- iskunkestävyys
- sähkövirran vaihtelujen vaikutukset
- merkinvaihtonopeus

- huurtumisen ja jäätyminen esto
- energiakulutus
- käyttäytyminen laitteen mennessä epäkuntoon
- valaistujen merkkien valovoima
- merkin luetavuusalue. /6/

Muuttuvan opasteen tulisi vaatia mahdollisimman vähän kunnossapitoa. Helposti kuluvien osien tulisi sijaita sellaisessa paikassa, että ne voidaan helposti vaihtaa. Kunnossapidon tulisi olla lähinnä ennalta ehkäisevää. On tärkeää, että kunnossapitäjä saa mahdollisimman nopeasti tiedon epäkuntoon menneistä laitteista. Siksi on välttämätöntä saada merkin toiminnasta palautetietoa ohjauskeskukseen.

4.2

Toimintaperiaatteita

Muuttuvia opasteita on käytetty jo yli 25 vuoden ajan. Ensimmäiset merkkityypit toimivat täysin manuaalisesti esim. siten, että eri viestejä sisältäviä lamelleja voitiin työntää merkissä oleviin uriin. nykyisin käytetään selvästi kehittyneempää tekniikkaa. Muuttuvat opasteet voidaan toimintaperiaatteensa mukaan jakaa kolmeen pääluokkaan:

- mekaaniset merkit
- valaistusperiaatteella toimivat merkit
- sähkömekaaniset merkit /13, 18/

4.2.1 Mekaaniset merkit

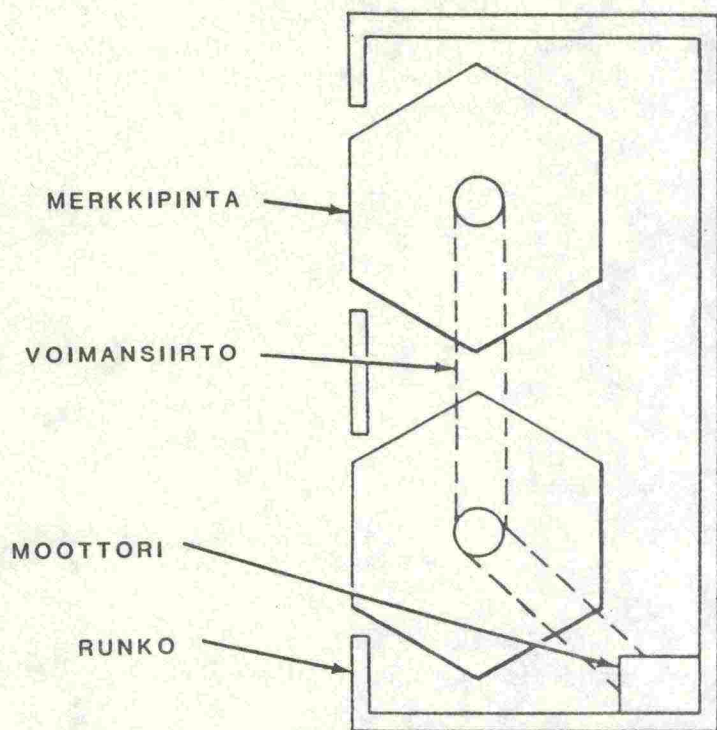
Mekaanisten merkkien sisältämien viestien määrä on rajoitettu ja niissä esiintyy yleensä runsaasti käyttöhäiriötä ja huoltotarvetta. Mekaanisilla merkeillä voidaan yleensä esittää liikennemerkkejä täsmälleen oikeannäköisinä.

Mekaanisia merkkejä ovat mm.

- * pyörivät prismat
- * kalvorulla
- * pyörivät lamellit.

Pyörivillä prismoilla toimivat merkit koostuvat yhdestä tai useammasta päällekkäin, vaakasuoraan olevasta särmiöstä, prismasta. Prismat on kiinnitetty päistään ja niitä pyörittää yksitellen tai kaikkia yhdessä merkissä oleva moottori (kuva 4).

Haluttu viesti saadaan aikaan kääntämällä kukin prisma haluttuun asentoon (kuva 5). "Tyhjä" viesti saadaan aikaan jättämällä kunkin prisman yksi sivu tyhjäksi.



Kuva 4
Pyörivän prismamerkin rakenne /25/



Kuva 5
Pyörivän prismamerkin viestin vaihtuminen /4/

Viestiä vaihdettaessa saattaa autoilijoiden näkyvissä hetken aikaa olla ei-toivottuja viestejä.

Tarvittaessa prismat voidaan valmistaa läpikuultavasta materiaalista, jolloin merkki voidaan valaista sisäisesti.

Pyörivillä prismoilla toteutetussa merkissä voidaan käyttää tarkkoja muotoja, kaikkia värejä ja standardimerkkejä. Siten niiden ulkonäkö saadaan vahvistettujen liikennemerkkipiirustusten mukaiseksi.

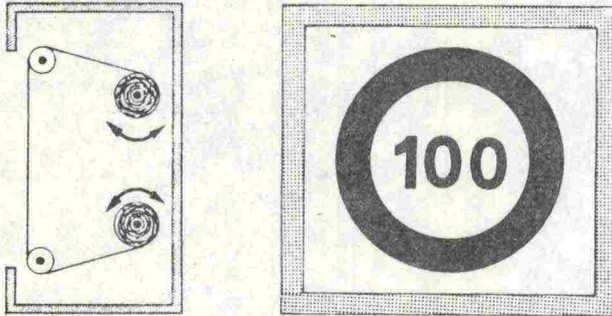
Prismat ovat yleensä kolmi-, neli- tai kuusikulmaisia. Prismojen pyörimisnopeus vaihtelee 1 - 10 kierrosta minuutissa. Viestin vaihtuminen kestää siten parista sekunnista yli puoleen minuuttiin. Viestinvaihdon hitauden ja viestien rajoitetun lukumäärän lisäksi pyörivillä prismoilla toimivien merkkien huonona puolena on se, että ne ovat melko herkkiä ympäristöhäiriöille. Tämä aiheuttaa helposti toimintahäiriöitä. Siksi merkkikotelon on oltava tiivis ja prismojen eteen on asennettava suojalasi. Merkki on myös lämmitettävä. Lämmitys on tarpeen prismojen jäätyksen estämiseksi ja suojalasin huurtumisen välttämiseksi. /18/

Merkin sisältämiä viestejä on työlästä vaihtaa uusiin. Se vaatii prismen vaihtoa tai ainakin yhden prismen sivun uudelleen maalamista tai kalvon vaihtoa.

Pyörivillä prismoilla toteutetun merkin hyviä puolia jo mainitun standardimaisen ulkonäön lisäksi ovat yksinkertainen ohjaustapa, hyvä näkyvyys (hyvissä olosuhteissa) sekä vähäinen virrankulutus, jos merkin viestiä ei jouduta jatkuvasti vaihtamaan.

Pyöriviä prismoja on käytetty sängen yleisesti muuttuvissa opasteissa varsinkin muuttuvien opasteiden käytön alkuaikoina.

Kalvorullamerkissä viestit on painettu muovikalvolle. Kalvo on kierretty merkin ylä- ja alareunassa olevien telojen ympärille. Haluttu viesti saadaan kelaamalla sopiva kohta kalvorullasta näkyviin (kuva 12). "Tyhjä" viesti saadaan aikaan jättämällä osa kalvosta tyhjäksi ja kelaamalla tyhjä kohta näkyviin.



Kuva 6

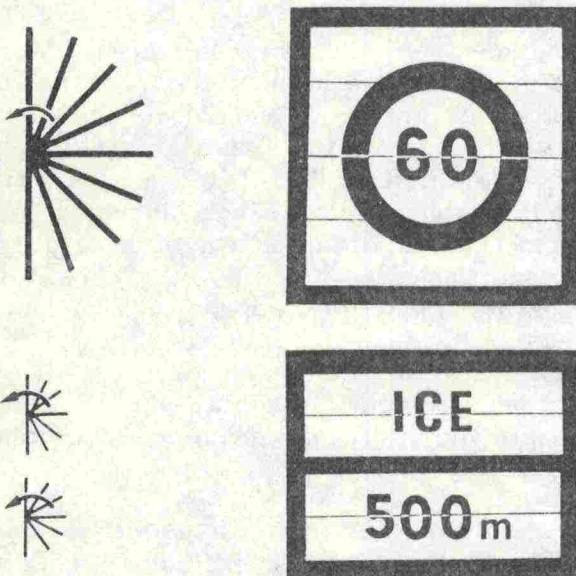
Kalvorullamerkki /20/

Kalvo on usein läpikuultava, mikä mahdollistaa sisäisen valaisemisen.

Kalvorullamerkille saadaan mahtumaan jopa 30 eri viestiä. Yleensä ei kuitenkaan käytetä yli 12 viestiä. Suuremmilla viestimäärillä viestinvaihtoon kuluu kohtuuttoman paljon aikaa.

Viestiä vaihdettaessa saattaa autoilijoiden näkyvissä hetken aikaa olla ei-toivottuja viestejä. Tämän estämiseksi käytetään jossain versioissa viestin vaihdon aikana merkkiaukon peittävää verhoa.

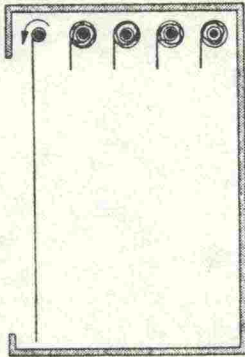
Pyörivistä lamelleista tehdyt merkit koostuvat ohuista levyistä, joilla kaikilla on oma viestinsä. Haluttu viesti saadaan selaamalla haluttu lamelli näkyviin (kuva 7). Merkkityyppi on melko halpa. Se on kuitenkin erittäin herkkä säähäiriöille (esim. lumi) ja siksi se vaatii jatkuvaa valvontaa ja puhdistusta sekä tiiviin kotelon. /13/



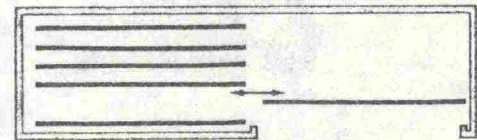
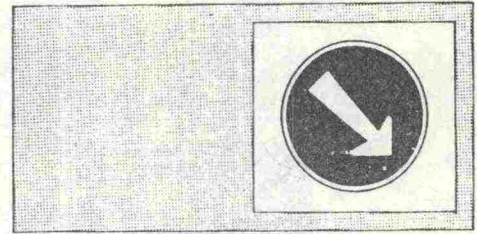
Kuva 7

Pyörivät lamellit /20/

Muita, vähemmän käytettyjä mekaanisia muuttuvia opasteita ovat mm. kierrekaihtimet (kuva 8) ja liukuvat paneelit (kuva 9).



Kuva 8
Kierrekaihtimet /20/



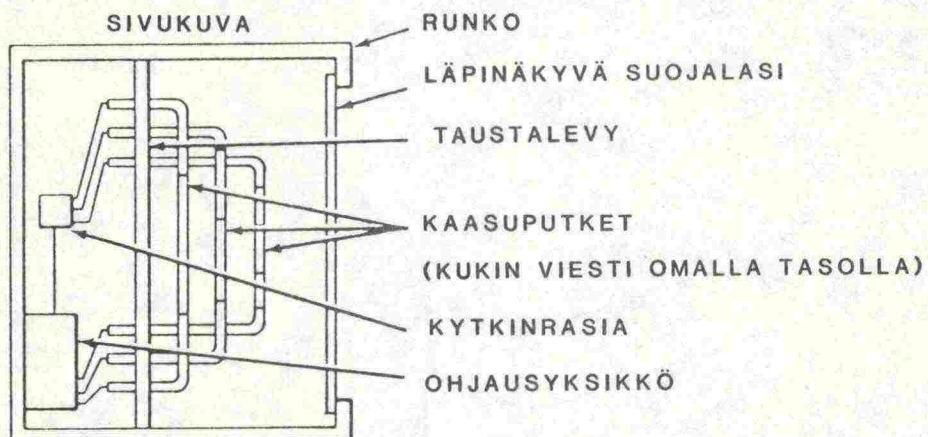
Kuva 9
Liukuvat paneelit /20/

4.2.2 Valaistusperiaatteella toimivat merkit

Valaistusperiaatteella toimivia merkkejä on käytössä kolmea eri tyyppiä:

- * Neonmerkit
- * Valomatriisimerkit
- * Kuituoptiset merkit

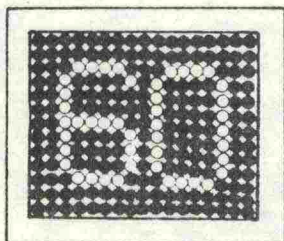
Neonmerkkejä käytetään hyvin yleisesti ulkomainonnassa. Muuttuvina opasteina niitä on käytetty melko vähän. Neonmerkkien etuina ovat koeteltu tekniikka ja vapaa värien ja muotojen käyttö. Toisaalta viestien määrä on rajoitettu ja virrankulutus suhteellisen suuri. (kuva 10). /18/



Kuva 10
Neonmerkki /25/

Valomatriisimerkit koostuvat matriisimuotoon järjestetyistä valopisteistä, joista kulloinkin sytytetään halutun viestin edellyttämät pisteet (kuva 11). Valopisteet voivat olla joko tasaisena, jatkuvana kenttänä tai vierekkäisinä moduleina. Tyypillinen moduli on 35 valopisteen muodostama 5 x 7-matriisi. Kullakin modulilla voidaan esittää kaikki alfanumeeriset merkit. Kuvioita muodostettaessa käytetään yleensä tasaista, jatkuvaa valopistekenttää.

Valomatriisimerkit näkyvät hyvin pimeässä ja pilvisellä. Auringonvalo saattaa kuitenkin tietystä suunnasta paistaessaan häiritä merkin näkyvyyttä. Tämän haitan poistamiseksi käytetään joissain merkeissä valopisteiden väleissä pieniä häikäisyn poistavia lippoja.



Kuva 11

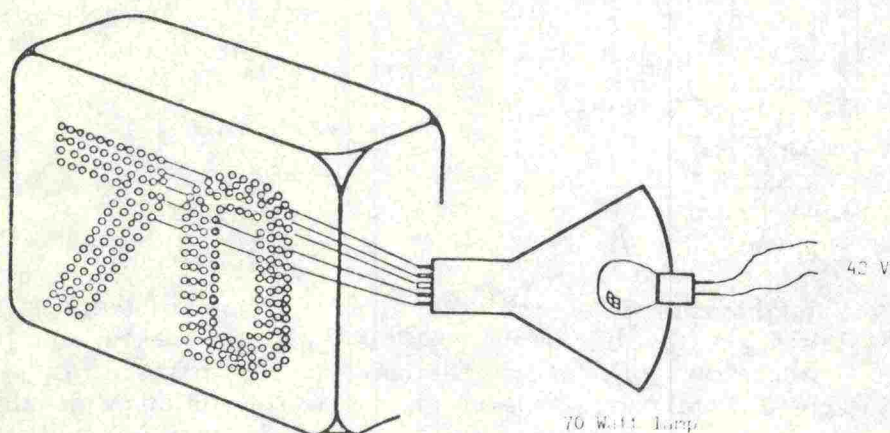
Valomatriisimerkki /20/

Valomatriisimerkin käyttö on erittäin joustavaa. Sillä pystytään näyttämään runsaasti erilaisia viestejä. Merkkeihin pystytään valmiiksi ohjelmoimaan jopa yli sata erilaista viestiä.

Valomatriisimerkissä viestin vaihto tapahtuu hyvin nopeasti. Samanaikaisesti voidaan muuttaa joko koko merkki tai jokin merkin osa.

Valomatriisimerkeillä ei voida esittää tarkkoja muotoja eikä standardimerkkejä eikä -kirjaimia. Esim. Suomessa valomatriisimerkin käyttö velvottavana liikennemerkkinä edellyttäisikin liikenneministeriön kokeilu- tai poikkeuslupaa. Valomatriisimerkki on yleensä vain kaksivärinen. Yleensä tausta on musta ja valopisteet valkoisia. Monen värin käyttömahdollisuuksia on kuitenkin kehitetty.

Valomatriisimerkin haittapuolina ovat lisäksi runsas virrankulutus ja huolto työn suuri tarve. Tästä on seurauksena suuret käyttö- ja huoltokustannukset. Lisäksi yksittäisten valopisteiden rikkoutuminen voi tehdä merkistä vaikeasti ymmärrettävän tai aiheuttaa väärinkäsityksiä.



Kuva 12

Kuituoptisen merkin toimintaperiaate

Kuituoptisissa merkeissä valo johdetaan pistemäisestä valolähteestä erityistä kuitukimppua pitkin merkkipintaan, jossa se muodostaa halutun kuvion (kuva 12). Kukin viesti vaatii oman valolähteen ja kuitukimpun. Tämä rajoittaa viestin määrän noin 15:een.

Viestinvaihto tapahtuu hyvin nopeasti. Uuden viestin lisääminen merkkiin merkin valmistuksen jälkeen on melko työlästä.

Merkin etuina valomatriisimerkkiin verrattuna ovat alhaisempi energiankulutus ja vähäisempi kunnossapidon tarve. Kuituoptisessa merkissä ei auringonvalon häikäisy ole niin suuri ongelma kuin valomatriisimerkissä, sillä valonsäde on kapeampi.

Kuituoptisella merkillä on mahdollista esittää erilaisia symboleja ja liikennemerkkejä koska valopisteet saadaan melko pieniksi. Erilaisen värien käyttö on mahdollista käyttämällä värinsuodattimia välittömästi lampun edessä.

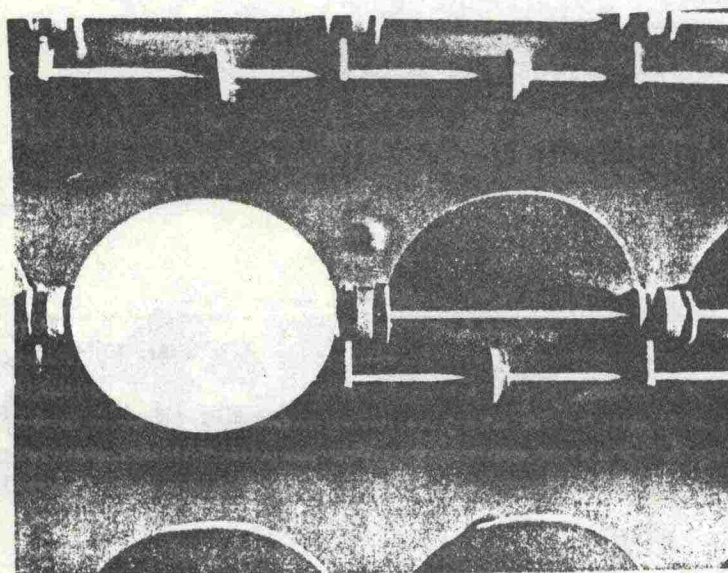
4.2.3 Sähkömekaaniset merkit

Uusimpia muuttuvien opasteiden tyyppejä ovat **sähkömekaaniset merkit**

Näitä ovat lähinnä:

- * levymatriisimerkit
- * 7-segmentin merkit
- * liuskamatriisimerkit

Levymatriisimerkit kehitettiin tarjoamaan valomatriisimerkin joustavuus merkittävästi pienemmillä käyttö- ja huoltokustannuksilla. Levymatriisimerkin pisteet muodostuvat pyöreistä levyistä (kuva 13), joiden toinen puoli on yleensä musta ja toinen kirkas (esim. valkoinen tai keltainen).



Kuva 13
Levymatriisimerkin levyjä /4/

Kunkin levyn toiselle puolelle on kiinnitetty magneetti. Levy saadaan kääntymään 180 astetta akselinsa ympäri antamalla sille lyhyt sähköpulsssi. Levymatriisimerkin suurimpana etuna on se, että levyt pysyvät käännetyssä asennossa ilman sähkövirtaa ja energiaa tarvitaan siten lähinnä vain viestin vaihtamiseen.

Merkit koostuvat yleensä moduleista, joista kullakin voidaan näyttää esim. yksi kirjain. Levyjä on käytössä erikokoisia, halkaisijaltaan yleisimmät ovat n. 20 - 130 mm. Pienempienkin levyjen käyttö on mahdollista. Tällöin kuitenkin levyjen lukumäärä nousee nopeasti hyvin suureksi. Tämä nostaa kustannuksia, sillä merkin hinta on suunnilleen suoraan verrannollinen levyjen lukumäärään.

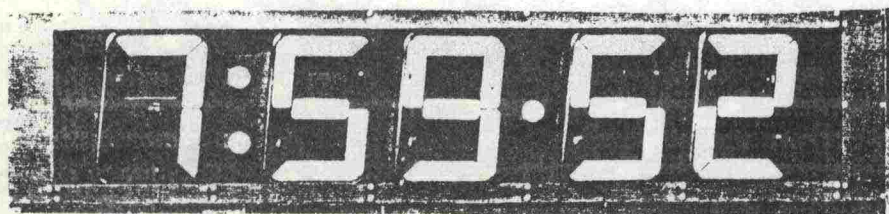
Levymatriisimerkillä ei voida esittää tarkkoja muotoja eikä standardimerkkejä ja -kirjaimia.

Levymatriisimerkit ovat osoittautuneet hyvin luotettaviksi. Ne eivät ole herkkiä ympäristöhäiriöille. Merkkipinta on kuitenkin suojattava suojalasilla. Ne ovat hyvin luettavia isoillakin katselukulmilla (jopa 80 asteeseen saakka) ja kaikissa valaistusolosuhteissa. Pimeällä ne vaativat kuitenkin ulkopuolisen valaistuksen.

Jottei viestin vaihtoon tarvittava teho nousisi turhan suureksi, tapahtuu viestin vaihto moduli kerrallaan, rivi riviltä. Tämän kaltaista kirjoitustapaa voidaan pitää haittana verrattuna valomatriisimerkin hetkessä tapahtuvaan viestin vaihtoon. Kun levymatriisimerkin viestin vaihtoon kuluu kuitenkin yleensä vain alle sekunti, voitaneen haittaa pitää suhteellisen pienerä.

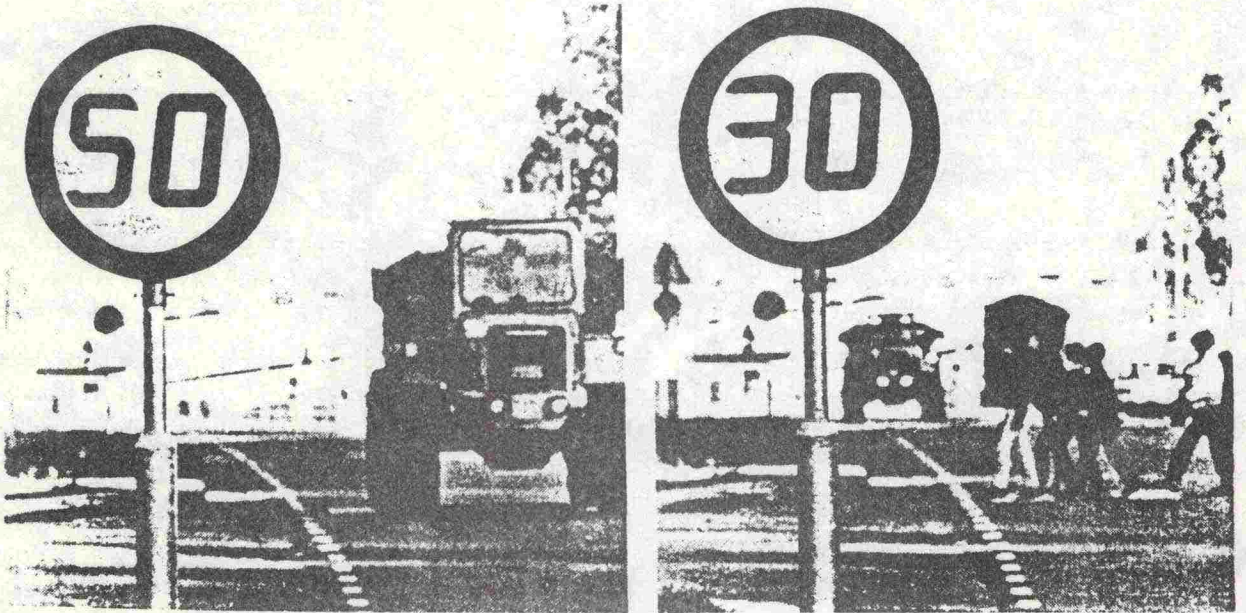
Muita levymatriisimerkin huonoja puolia on se, että ne ovat raskaampia kuin useimmat muut merkkityypit ja se, että niiden huolto on melko vaikeaa ja vaatii ammattitaitoa.

Samalla ohjausperiaatteella kuin levymatriisimerkit toimivat ns. **7-segmentin merkit** (kuva 14). Ne koostuvat moduleista joilla kullakin voidaan esittää numerot 0 - 9. 7-segmentin merkkejä voidaan käyttää esim. osoittamaan muuttuvia nopeusrajoituksia. Niiden etuna on ohjattavien liikkuvien osien pieni lukumäärä. Näitä merkkejä ei tiettävästi ole toistaiseksi käytetty liikennemerkkeinä.



Kuva 14
7-segmentin merkki

Vielä pienemmälläkin määrällä liikkuvia osia voidaan joissakin tapauksissa selvitä. Ruotsissa on käytetty muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä, jolla näytetään kahta nopeusrajoitusta; 30 ja 50 km/h. Tällöin tarvitaan vain kaksi liikkuvaa osaa (kuva 15). Näissä merkeissä vaihtuvat segmentit on toteutettu pyörivillä sylintereillä.



Kuva 15

Ruotsissa käytetty muuttuva nopeusrajoitusmerkki

7-segmentin merkkien huonona puolena on se, että yhden osan rikkoutuminen saattaa aiheuttaa virheellisen näytön, jonka virheellisyyttä autoilija ei huomaa (esim. 50:sta tule helposti 90). Tällä saattaa olla liikenneturvallisuutta heikentävä vaikutus.

Liuskamatriisimerkki koostuu neliönmuotoisista tiheästi vierekkäin olevista alumiiniliuskoista, jotka muodostavat mosaiikkimaisen pinnan. Liuskoilla on kaksi asentoa. Yläasennossa liuskat läpäisevät valoa ja ala-asennossa ne heijastavat valoa. Yöllä liuskamatriisimerkki on valaistava.

Liuskamatriisimerkillä ei voida esittää täysin tarkkoja kuvioita, mutta liuskat ovat niin pieniä (n. 1,7 cm x 1,7 cm), että merkillä saadaan aikaan melko tarkkoja jäljitelmiä esim. liikennemerkeistä

Liuskamatriisimerkin ohjaus on melko joustavaa. Viestin vaihto tapahtuu samalla tavoin kuin levymatriisimerkillä ja kestää 50 millisekunnista 45 sekuntiin. Tyypillisen merkin koko merkkipinnan vaihto kesää noin 30 sekuntia. /4/

Huonona puolena liuskamatriisimerkillä on lisäksi melko kapea katsojakulma.

4.3

Teknisten ratkaisujen vertailuja

Taulukkoon 1 on yhteenvedona koottu eri merkkityyppien ominaisuuksia.

Taulukko 1

Muuttuvien opasteiden ominaisuuksia /6, 18, 20/

MERKKITYYPPI	VIESTIEN LUKUMÄÄRÄ	VIESTINVAIHTO-NOPEUS	VALAISU	VAHVISTETTUIJEN LIIKENNEMERKKIPIILUSTUSTEN MUKAISUUS	HUOM
Mekaaniset merkit					
Pyörivät prismat	2 - 6/prisma	2 - 40 s	sisäinen tai ulkoinen	kyllä	Yleisesti käytetty, paljon toimintahäiriöitä.
Kalvorulla	< 25, yleensä n. 10	2 - 20 s	sisäinen tai ulkoinen	kyllä	Vaihdon aikana vääriä viestejä näkyvissä
Pyörivät lamellit	2 - 30	0,5 - 3 s	ulkoinen	kyllä	Halpa. Ei juuri käytetty muuttuvana opasteena. Yleinen joukkoliikenneterminaaleissa aikatauluna
Valaistusmerkit					
Neon	pieni	nopea	ei tarpeen	kyllä (lähes)	Yleinen ulkomainoksissa
Valomatriisi	suuri	nopea	ei tarpeen	ei, opastusmerkit kyllä (lähes)	Joustava, vaatii paljon kunnossapitoa ja kuluttaa paljon energiaa.
Kuituoptiikka	5 - 15	nopea	ei tarpeen	kyllä (lähes)	Edellistä alhaisempi energiankulutus. Värien käyttö mahdollista.
Sähkömekaaniset merkit					
Levyatriisi	suuri	1 s/rivi	ulkoinen	ei, opastusmerkit kyllä (lähes)	Kallis hankkia, halpa ylläpitää.
Liuskatriisi	suuri	50 ms - 45 s	sisäinen tai ulkoinen	kyllä (lähes)	Kallis hankkia, halpa ylläpitää.

On vaikeaa nimetä mitään muuttuvaa opastetyyppiä muita paremmaksi. Tyyppien keskinäinen paremmuus vaihteleeekin sovelluskohteittain. Siksi on syytä kohteittain tehdä tarkka vertailu eri tyyppien kesken ennen merkkityypin valintaa. Valintaan vaikuttavat mm. lainvaatimukset, liikennetekniset, käyttötekniset sekä kustannus(hankinta, käyttö ja kunnossapito)tekijät. Erittäin tärkeänä tekijänä voidaan pitää merkkien toimintavarmuutta, sillä se on olennainen vaatimus järjestelmän luotettavuuden kannalta.

Erityyppiset merkit soveltuvat parhaiten erilaisiin tehtäviin. Mekaaniset merkit ovat sopivimpia silloin, kun jatkuvasti näytetään jotain viestiä ja viestit vaihtuvat harvoin. Valaistusperiaatteella toimivat merkit taas soveltuvat kohteisiin, joissa viesti vaihtuu useasti ja viestin vaihdon tulee tapahtua nopeasti. Sähkömekaaniset merkit soveltuvat hyvin lähes kaikkiin kohteisiin, joissa merkin ei tarvitse olla täysin vahvistettujen liikennemerkkipiirustusten mukainen.

Merkkien hinnat ovat suunnilleen suoraan verrannollisia merkkien kokoon ja matriisimerkeissä matriisin pisteiden lukumäärään. Hintatiedot vaihtelevat melkoisesti eikä kaikista merkkityypeistä ole edes saatavissa ajan tasalla olevaa hintatietoa. Suuruusluokan selvittämiseksi voidaan kuitenkin todeta, että vähintään kolmea eri nopeusrajoitusta näyttävän merkin (\varnothing 600 mm) hinta pyörivien prismojen avulla toteutettuna on noin 5000 - 15000 mk, kuituoptisena merkinä noin 10000 - 20000 mk ja levymatriisimerkinä noin 15000 mk.

Yhdysvalloissa tehtiin selvitys, jossa vertailtiin valomatriisi- ja levymatriisimerkin kustannuksia. Yksirivisen (10 merkkiä) valomatriisimerkin hinta (vuonna 1977) oli noin 8000 US \$ ja levymatriisimerkin noin 9000 US \$. Vastaavasti kaksirivisten merkkien (20 merkkiä/rivi) hinnat olivat 26000 ja 33000 US \$. Käyttökustannukset kaksiriviselle merkille ympärivuorokautisessa käytössä olivat lamppumatriisille 1800 US \$ ja levymatriisille 300 US \$ vuodessa. Huolto- ja korjauskulujen kaksiriviselle merkille arvioitiin olevan lamppumatriisille 1200 US \$ ja levymatriisille 1000 US \$ vuodessa. Vuosikustannuksiksi yhteensä (korko 10 %, käyttöikä 15) saatiin siten kaksiriviselle lamppumatriisimerkille 6400 US \$ ja levymatriisimerkille 5600 US \$. /5/

Uusista muuttuvien opasteiden tyypeistä tutkimuksen alla ovat mm. valodiodinäytöt (LED), nestekidenäytöt (LCD) sekä elektroluminenssinäytöt. Vaikuttaa kuitenkin siltä, ettei muuttuvien opasteiden tulevaisuus perustu niinkään uusiin tekniikoihin vaan nykyisten tyyppien luotettavuuden ja tehokkuuden parantamiseen.

4.4

Suomalaisia laitetoimittajia

Tämän työn aikana selvitettiin suomalaisten yritysten valmiuksia toimittaa muuttuvia opasteita. Mahdollisia laitetoimittajia on tiedossa kuusi.

Oy Airam Ab valmistaa lamppumatriiseja ja sähkömekaanisia levymatriiseja. Näitä on käytetty mm. urheilutilojen tulostauluina ja kello-lämpömittareina.

Oy Elfving Ab toimii englantilaisen Forest City Signs Ltd:n Suomen edustajana. Tämä yritys valmistaa mm. kuituoptisia ja pyörivillä prismoilla toteutettuja liikennemerkkejä.

Oy Fiskars Ab tuo maahan itävaltalaisen Futurit AG:n kuituoptisia merkkejä.

Siemens Oy tuo maahan kuituoptisia ja pyörivillä prismoilla toteutettuja merkkejä.

Tammerneon valmistaa pyörivillä prismoilla toteutettuja muuttuvia mainostauluja. Se on valmistanut myös prototyypit samalla tekniikalla toteutetuista liikennemerkeistä.

Oy Vendor Ab toimittaa suomalaisvalmisteisia pyörivillä prismoilla toteutettuja merkkejä.

Liikennemerkinä on yllämainituista tuotteista ulkomailla käytetty Oy Elfving Ab:n, Oy Fiskars Ab:n ja Siemens Oy:n toimittamia laitteita.

5.

MUUTTUVIEN OPASTEIDEN KÄYTTÖTARVE SUOMESSA

Muuttuvia opasteita ei Suomessa toistaiseksi ole juuri käytetty. Kehä III:lla on käytetty nopeusohjausta vuodesta 1975 lähtien parantamaan yhteenkytkettyjen liikennevalojen toimivuutta. Tampereella käytetään muuttuvaa opastetta varoittamaan korkeita kuljetuksia Lielahden alikulkusillasta.

Liikenneongelmat Suomessa ovat suhteellisen pieniä verrattuna muihin autoistuneempiin maihin. Niinpä laajojen automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien käyttö ei ole ainakaan toistaiseksi tullut kysymykseen. Liikennemäärät ovat kuitenkin jatkuvassa kasvussa, tien rakentamiseen osoitetut määrärahat pienenevät ja ohjausjärjestelmän laitteet halpenevat. Nämä seikat lisäävät järjestelmien käyttötarvetta tulevaisuudessa. Ilmeisesti ensimmäisenä kysymykseen tulevia käyttökohteita ovat muuttuvat nopeusrajoitukset ja varoitukset. Laaja-alaiset liikenteenohjausjärjestelmät tulevat hyödyllisiksi liikenteen ja kapasiteettiongelmien edelleen kasvaessa.

Seuraavassa on lueteltu tutkimisen arvoisia kohteita, joissa on tarvetta automaattiseen liikenteenohjaukseen.

5.1

Reittiohjaus

Reittiohjausta voidaan käyttää esim. liikennekäytävässä, jossa on käytettävissä vaihtoehtoisia reittejä. Tällaisia liikennekäytäviä on muodostunut, kun on rakennettu moottoriväyliä siten, että vanha valtatie on jäänyt moottoriväylän rinnakkaistieksi. Esimerkkejä tällaisista ovat Helsinki - Porvoo-moottoritie sekä tulevaisuudessa valmistuva Helsinki - Lahti-moottoritie. Liikennemäärät näillä moottoriteillä ovat etenkin kesäviikonloppuisin niin suuret, että ruuhkat aiheuttavat suuria viivytyksiä. Samanaikaisesti on kuitenkin usein rinnakkaistieillä käyttämätöntä kapasiteettia. Reittiohjauksen avulla saadaan liikennekäytävän kapasiteetti paremmin käytettyä hyväksi. Reittiohjausta liikennekäytävässä voidaan tarvita myös poikkeuksellisissa sääolosuhteissa, esim. silloin, kun kunnossapito ehtii aurata vain toisen vaihtoehtoisten reiteistä.

Suomessa reittiohjaus voidaan mahdollisesti toteuttaa siten, että tärkeissä liikenteen solmupisteissä jaetaan liikennettä eri reiteille siten, että liikennekäytävän kokonaisvälityskyky käytetään mahdollisimman hyvin hyödyksi. Toistaiseksi liikennekäytävän reittiohjauksen hyödyllisyys Suomessa on kyseenalainen, koska tällaiselle ohjaukselle ei juuri ole tarvetta paikoissa, joissa vaihtoehtoinen reitti on tarjolla. Ruuhkautuville tieosille ei yleensä ole kapasiteetiltaan riittävää vaihtoehtoa.

Toinen kohde, jossa reittiohjaus voisi olla tarkoituksenmukainen, on vilkasliikenteisillä reiteillä olevat avattavat sillat, joita avattaessa on käytettävissä vaihtoehtoinen reitti. Tällaisia tapauksia ovat mm. Suvantosilta ja Kanavasilta Joensuussa sekä Lauttasaaren silta Helsingissä. Näihin kohteisiin onkin tehty yleissuunnitelmat muuttuvien opasteiden käytöstä /15, 16/. Järjestelmän hyödyllisyys riippuu sen avulla säästettävien liikennekustannusten suuruudesta ja lisäksi huomattavasti palvelutasolle asetettavista vaatimuksista.

Suurimmissa kaupungeissa Suomessa aiheuttaa pysäköinti keskustassa jonkin verran ongelmia. Muuttuvien opasteiden avulla toteutetulla pysäköintiohjauksella voidaan tehostaa pysäköintilaitosten käyttöä ja vähentää pysäköintipaikan hakuliikennettä. Näissä tapauksissa muuttuvat opasteet voidaan yleensä liittää valo-ohjauskeskuksen alaisuuteen.

Pysäköintiohjauksen tarvetta on myös suurilla terminaalialueilla, esim. lentoasemilla, joiden pysäköintialueet ovat usein suuret.

Suurten yleisötilaisuuksien yhteydessä on tarvetta reittiohjaukseen läheisellä tie- ja katuverkolla. Ohjausta tarvitsevat sekä saattoliikenne että pysäköintipaikkaa etsivät. Tällaisia yleisötilaisuuksia ovat esim. messut ja suuret urheilutilaisuudet. Lähinnä kyseeseen tulevat sellaiset keskukset, joissa tilaisuuksia on viikottain, esim. Helsingin Messukeskus.

Muuttuvaa opastusta voitaisiin käyttää myös autolauttasatamissa ohjaamaan eri ajoneuvoryhmiä eri laivoihin.

5.2

Kaistaohjaus

Tieliikenneasetuksen 27 §:ssä ja liikennemerkkipäätöksen (LiikMp liikenteen ohjauslaitteista) 4. luvussa on määrätty, miten vaihtuvasuuntaisia ajokaistoja ohjataan ajokaistan yläpuolisilla valo-opasteilla. Toistaiseksi tällaisia vaihtuvasuuntaisia kaistoja ei Suomessa ole käytetty. Tarvetta niihin kuitenkin olisi lähinnä suurten kaupunkien sisääntuloteilla ja -kaduilla. Parhaiten vaihtuvasuuntaiset kaistat sopivat monikaistaisille teille, joilla ei ole keskikaistaa. Kaistaohjaus voidaan myös ajatella vaihtoehdoksi rinnakkaistien rakentamiselle. Sen avulla voidaan esim. muuttaa leveä piennar joukkoliikennekaistaksi ruuhka-aikana.

Kaistaohjauksen tarvetta on myös vilkasliikenteisillä moottoriteilla (esim. Länsiväylä). Näillä voitaisiin käyttää kaistakohtaisia muuttuvia opasteita muuttuvien nopeusrajoitusten osoittamiseen, varoittamaan esim. onnettomuuksista ja tietyömaista sekä varaamaan tiettyinä aikoina kaistoja erityistarkoituksiin, esim. joukkoliikenteelle.

Tarvittaessa eri kaistojen nopeusrajoitukset tai -suositukset voisivat olla erisuuruisia. Tällä voisi olla etua moottoritielle liittymisen kannalta ja silloin, kun yksi kaista on jostain syystä suljettu tai sillä on esteitä. Kaistakohtainen nopeusrajoitus ei kuitenkaan ole nykyisen lainsäädännön mukaan mahdollinen.

5.3

Nopeusohjaus

Nopeusrajoituksen alentaminen on usein tehokas tapa parantaa liikenneturvallisuutta. Nopeusrajoitusten tehokkuuden edellytyksenä on kuitenkin se, että ne ovat perusteltuja. Joissain tapauksissa oikea nopeusrajoitus on erisuuruinen eri aikoina. Tällaisia kohteita ovat esim. paikat, joissa sääolosuhteet vaihtelevat suuresti. Monilla vesistösilloilla (esim. Lapinlahti ja Sipoonlahti) tienpinnan jäätyminen tai sanka sumu usein vaatisi normaalia alemmaa nopeusrajoitusta. Tällaisissa kohteissa voitaisiin nopeusohjaus toteuttaa vaihtelevana muuttuvien opasteiden avulla.

Nopeusrajoituksen muuttaminen liikennemäärän mukaan voisi Suomenkin vilkkaimmilla teillä parantaa ruuhka-ajan välityskykyä ja tasoittaa liikennevirtaa.

Talvisin nopeusrajoitusten tulisi yleisesti olla alhaisempia kuin kesällä. Tällaisiin muuttuviin nopeusrajoituksiin, jotka vaihtuvat vain pari kertaa vuodessa ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista käyttää sähköisesti muuttuvia opasteita.

Koulujen läheisyydessä alhaiset nopeusrajoitukset ovat perusteltuja päivittäin muutamaa otteeseen lyhyinä aikoina. Nämä paikat ovatkin otollisia kohteita ohjattavaksi muuttuvien opasteiden avulla. Tällaisia paikkoja löytyy sekä yleisten teiden varsilta että taajamien katuverkosta. Muuttuvaa nopeusrajoitusta kokeillaan Kylkkälän koulun kohdalla Tervajoella (ks. kohta 6). Jos sieltä saadut kokemukset ovat hyviä, on järjestelmiä tarvetta saada moniin paikkoihin teidemme varsille.

Yhteenkytketyillä liikennevalo-ohjatuilla tiejaksoilla nopeusohjaus on tarpeen erityisesti silloin, kun liittymävälit ovat pitkiä ja nopeudet suuria. Nopeusohjauksen avulla autetaan autoilijoita saapumaan valo-ohjattuun liittymään vihreän vaiheen aikana.

Nopeusohjaus voidaan toteuttaa joko muuttuvana nopeusrajoituksena tai -suosituksena. Jos käytetään nopeusrajoitusta, on merkin ulkonäön oltava riittävästi vahvistettujen liikennemerkkipiirustusten mukainen.

5.4

Varoitukset

Useimpien varoitusmerkkien vaikutukset autoilijaan ovat melko vähäisiä. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että ne ovat ajankohtaisia vain osan ajasta. Muuttuvilla opasteilla on mahdollista antaa varoitus vain silloin, kun se on ajankohtainen. Lähiaikoina toteutettavaksi kohteiksi tulevat kysymykseen lähinnä tietyömaat sekä paikat, joissa sää- ja keliolosuhteet vaihtelevat paljon.

Tietömailla muuttuville opasteille löytyisi paljonkin käyttöä. Tietöiden liikenteen järjestelyohjeissa todetaan, että "aikana, jolloin töitä ei tehdä, myös iltaisin ja viikonloppuisin, on merkit, jotka tällöin ovat tarpeettomia, väliaikaisesti poistettava tai peitettävä". Niinpä useat tietömaan liikennemerkkit (esim. varoitusmerkit, nopeusrajoitusmerkit) voitaisiin toteuttaa muuttuvina opasteina. Valomatriisimerkkiä voisi käyttää esim. vilkkuvana tekstinä varoittamaan autoilijoita sekä nopeusilmaisimien avulla kehottamaan ylinopeutta ajavia autoilijoita vähentämään nopeutta. Muuttuvat opasteet sopivat parhaiten pitkäaikaisille työmaille, mutta liikuteltavina merkit sopivat myös lyhytaikaisille työmaille. Esim. liikenteen ohjaus vilkkaimpien teiden päällystystietömailla olisi nykyistä helpompi hoitaa tehokkaammin ja selkeästi muuttuvia varoitusmerkkejä käyttäen.

Pääkaupunkiseudulla on jo kokeiltu automaattisia säähavaintoasemia. Näiden yhteydessä voisi kokeilla säätietöjen välittämistä tienkäyttäjille muuttuvien opasteiden avulla.

Usein ruuhkautuvilla nopeilla tiejaksoilla voitaisiin ottaa käyttöön jonovaroitusjärjestelmiä vähentämään peräänajoa. Nämä olisivat erityisen hyödyllisiä syksyn ja alkutalven ensimmäisten liukkaiden kelien aikoina, jolloin peräänajot ovat yleisiä.

Muita vaaroja, joista varoittamaan voisi käyttää muuttuvia opasteita, ovat esim. hirvet, porot ja matalalla lentävät lentokoneet sekä liittymien kohdalla ajoittain toistuvat raskaat kuljetukset, kuten räjähdysainekuljetukset, soranajo ja metsätietömaiden liikenne.

5.5 Muut kohteet

Liikennevalo-ohjatuissa liittymissä on tarve liikennemerkkein määrätä etuajo-oikeussuhteet, jotka ovat voimassa silloin, kun liikennevalot eivät ole toiminnassa. Niissä tapauksissa, jolloin väistämisvelvollisuus osoitetaan STOP-merkillä (liikennemerkki 232), syntyy voimakas ristiriitatilanne, kun jollekin suunnalle näytetään yhtäaikaisesti STOP-merkkiä ja vihreätä valoa. Tämä tilanne voidaan välttää käyttämällä muuttuvaa opastetta, jolloin STOP-merkki on näkyvissä vain silloin, kun valot ovat keltavilkulla tai pimeänä. Normaalisti muuttuva opaste voisi olla pimeänä (harmaana) tai näyttää merkkiä 231. Väistämisvelvollisuus risteyksessä. Tässä tapauksessa merkin ohjauskojeena toimii liikennevalojen ohjauskoje, jossa muuttuvat opasteet vastaavat yhtä opastinryhmää. Teknisen ratkaisun tulisi olla sellainen, että sähkökatkon aikana muuttuva opaste näyttäisi STOP-merkkiä.

Kaupunkien keskustoissa, kun pysäköintiä rajoitetaan, päädytään usein melko mahtaviin "liikennemerkkitoteemiin", kun joudutaan käyttämään kahta liikennemerkkiä (Pysähtyminen kielletty ja Pysäköinti kielletty) ja useita lisäkilpiä (eri päivät, kellonajat, minuuttimäärät ja ajoneuvoryhmät). Nämä merkkirykelmät rumentavat kaupunkikuvaa ja ovat joskus lähes mahdottomia ymmärtää. Ongelmaa voidaan yrittää ratkaista muuttuvilla opasteilla, jolloin pysäköintirajoitusten tiukkuusaste voitaisiin määrätä liikennetilanteen ja pysäköintitarpeen mukaan. /21/

5.6 Muuttuvien opasteiden kannattavuus Suomessa

Edellä on esitetty ajatuksia muuttuvien opasteiden mahdollisista käyttökohteista Suomessa. Näiden ajatusten realistisuus tulisi selvittää tekemällä kannattavuuslaskelmia sopivista mahdollisista toteutuskohteista.

Kannattavuuslaskelmissa tarvittavat toteuttamiskustannukset ovat yleensä arvioitavissa riittävällä tarkkuudella. Hyötyjen arvioiminen on usein paljon vaikeampaa. Usein kuitenkin pystytään antamaan jonkinlainen arvio ajan säästöistä, turvallisuuden parantamisesta, sujuvuuden paranemisesta jne. Nämä hyödyt tulisi pyrkiä arvottamaan niin pitkälle kuin se on mahdollista. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista. Tällöin suunnittelijan tehtävänä on antaa mahdollisimman oikea kuvaus muuttuvista olosuhteista ja toteuttamispäätös tehdään poliittisena päätöksenä.

Laajat automaattiset liikenteenohjausjärjestelmät eivät ilmeisesti yleisty Suomessa ainakaan 1980-luvulla. Sen sijaan pienten järjestelmien käyttö on lähdössä käyntiin ja ne yleistynevätkin melko nopeasti 1980-luvun loppupuoliskolla.

Ensimmäisiä sovelluskohteita lienevät muuttuvat nopeusrajoitusjärjestelmät, varoitusjärjestelmät, pienet reittiohjausjärjestelmät ja pysäköintiohjausjärjestelmät sekä tietyömaiden liikenteenohjausjärjestelmät.

6. MUUTTUVA NOPEUSRAJOITUSJÄRJESTELMÄ TERVAJOELLA

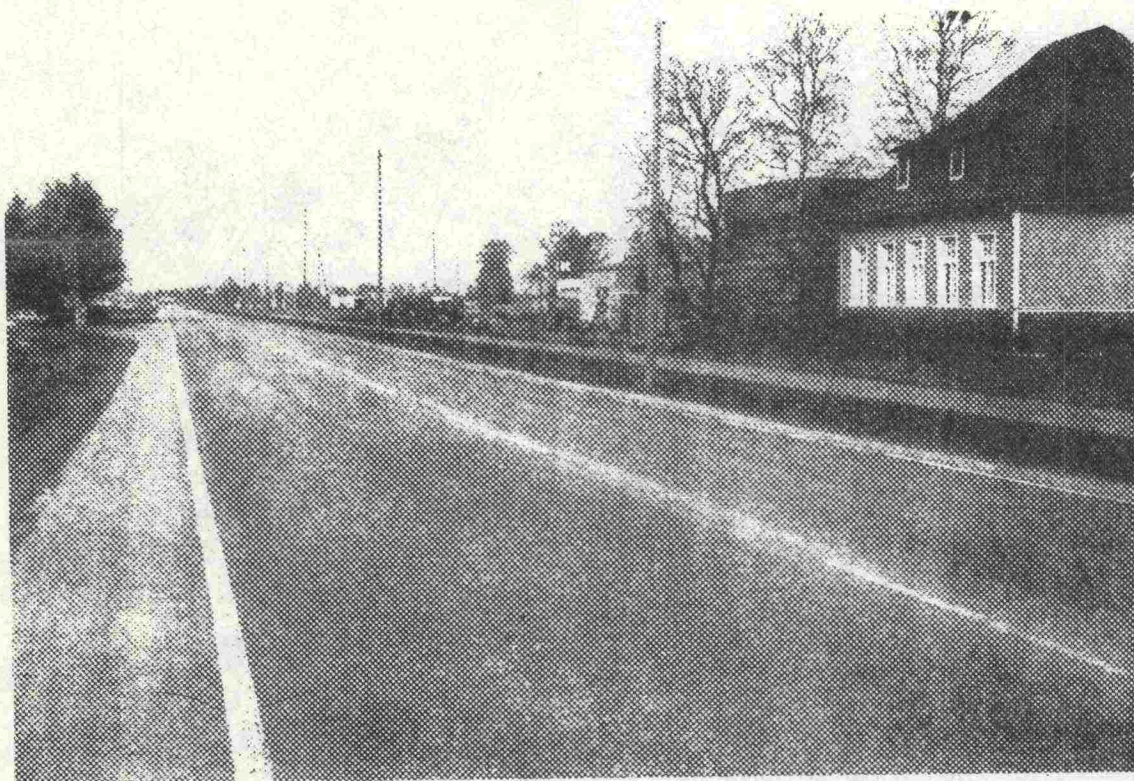
6.1 Yleistä

Tämän työn yhteydessä suunniteltiin vaihtuva nopeusrajoitus vilkasliikenteiselle tienosalle koulun kohdalle. Kohteeksi valittiin Kylkkälän koulu Tervajoella.

Järjestelmän tavoitteena on parantaa kevyen liikenteen, erityisesti koululaisten, turvallisuutta. Yhtenä tavoitteena on myös selvittää muuttuvien opasteiden käyttömahdollisuuksia Suomessa.

6.2 Nykytilanne

Kylkkälän koulu sijaitsee valtatie 16 (Jyväskylä - Vaasa) varrella Tervajoella. Valtatien liikennemäärä koulun kohdalla on noin 3.200 ajon/vrk. Tiellä on 80 km/h nopeusrajoitus. Näkemät tien suunnassa ovat erittäin hyvät (kuva 16). Pitkä suora houkuttelee autoilijoita suuriin nopeuksiin.



Kuva 16
Näkymä koulun kohdalta

6.3

Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän kuvaus

Vt 16:lle parisataa metriä ennen mt 7023:n liittymää kummallekin tulosuunnalle asetettiin muuttuva liikennemerkki. Se esittää normaalisti nopeusrajoitusta 80 km/h. Lyhyinä ajanjaksoina koulun alkamis- ja päättymisaikoina se kuitenkin esittää nopeusrajoitusta 60 km/h. Muuttuvat liikennemerkkit toteutettiin pyörivien prismojen tekniikalla.

Liikennemerkkipinta on tehty TVH:n hyväksymästä tehoheijastavasta kalvosta.

Merkkipinnan etupuolelle on kiinnitetty iskunkestävä suoja-akryyli, joka estää lumen, veden ja lian pääsyn merkin sisään.

Opasteet ovat tarvittaessa (esim. sähkökatko) käsin käännettävissä haluttuun tilaan ilman sähköisiä toimintoja.

Muuttuva liikennemerkki on kiinnitetty liikennevalopylvääseen. Samaa pylvääseen muuttuvan merkin yläpuolella on kiinnitetty Lapsia-merkki ja kaksi varoitusvilkkua. Merkkiyhdistelmän ulkonäkö käy ilmi kuvasta 17.



Kuva 17
Muuttuva nopeusrajoitusmerkki Tervajoella

Järjestelmän ohjauskojeena toimii Fiskars Elektroniikan varoitusvilkkulaite FSVL-01. Se ohjaa järjestelmää seuraavasti:

- Normaalisti ohjauskoje ei syötä jännitettä. Tällöin järjestelmä on tilassa I, nopeusrajoitus 80 km/h, vilkut ovat pimeinä.
- Ohjelmoituina aikoina (sekä painonappiohjauksisesti) ohjauskoje ohjaa sekä vuorovilkkuja että muuttuvia opasteita. Muuttuvia opasteita ohjataan syöttämällä jatkuva 220 V:n jännite, jolloin järjestelmä on tilassa II, nopeusrajoitus 60 km/h, vilkut toiminnassa.
- Jännitteen loputtua järjestelmä palaa tilaan I.

Toiminta-ajat ovat helposti muunneltavissa. Päiväkellon asetus voidaan suorittaa 15 minuutin tarkkuudella.

Ohjauskojeen ja merkkien sekä vilkkujen välinen kaapelointi tehtiin ilmakaapelointina.

6.4 Järjestelmän toteutus ja seuranta

Muuttuvat opasteet rakensi tamperelainen Tammerneon siten, että järjestelmä otettiin käyttöön lokakuussa 1983.

Järjestelmän vaikutusten selville saamiseksi TVL:n Vaasan piiri tekee seurantatutkimuksen mm. mittaamalla nopeuksia ja haastatteleamalla tienkäyttäjiä.

Järjestelmän hankintaa varten tehty suunnitelma on raportoitu erillisenä tämän työn aikana.

7. YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää muuttuvien opasteiden käyttöä liikenteen ohjauksessa.

Liikennemäärät tie- ja katuverkollamme ovat jatkuvassa nousussa. Samanaikaisesti on uusien väylien rakentaminen selvästi vähentynyt. Tämä on johtanut yleistyiin ruuhkiin ja häiriöihin liikennevirrassa. Liikennevirran häiriöiden on Euroopassa todettu olevan pääsyyinä suureen osaan (20 - 50 %) pääteiden onnettomuuksista. Näitä haittoja vähentämään voidaan käyttää automaattista liikenteenohjausta, jonka käyttömahdollisuudet ovat viime vuosikymmenen aikana selvästi parantuneet kehittyneen laitetekniikan, erityisesti mikroprosessoritekniikan myötä.

Suunniteltaessa automaattista liikenteenohjausjärjestelmää on otettava huomioon ihmisen rajalliset kyvyt käsitellä informaatiota. Päämääränä tulee olla ihmiselle sopiva järjestelmä eikä järjestelmään sopiva ihminen.

Muuttuvia opasteita on käytetty maailmalla jo yli 25 vuoden ajan. Ne voidaan toimintaperiaatteensa mukaan jakaa kolmeen luokkaan: mekaaniset, valaistusperiaatteella toimivat ja sähkömekaaniset merkit.

Yleisimmin käytettyjä tekniikoita ovat pyörivät prismat ja valomat-
riisi. Alaa ovat kuitenkin valtaamassa kuituoptiset ja sähkömekaaniset merkit. Tulevaisuus perustunee lähinnä nykyisten merkkityyppien luotettavuuden ja taloudellisuuden parantamiseen.

Muuttuvia opasteita voidaan periaatteessa käyttää kaikkiin niihin tehtäviin, joihin käytetään tavallisia, kiinteitä liikennemerkkejä. Niiden käyttö on kuitenkin tarkoituksenmukaista vain silloin, kun merkkiä vaativat olosuhteet ovat tilapäisiä tai vaihtelevia.

Automaattisista liikenteenohjausjärjestelmistä on melko vähän tehty perusteellisia vaikutusanalyyskejä. Tehdyt tutkimukset osoittavat kuitenkin, että muuttuviin opasteisiin perustuvat järjestelmät voivat olla hyvinkin kannattavia.

Muuttuvat opasteet voidaan tehtävänsä puolesta luokitella seuraavasti:

- reittiohjaus
- kaistaohjaus
- nopeusohjaus
- liikenteen varoittaminen
- muut tehtävät

Suomessa muuttuvia opasteita on toistaiseksi käytetty melko vähän. Meillä on kuitenkin monia kohteita, joissa on tarvetta muuttuvien opasteiden käyttöön. Näitä ovat mm. moottoriväylien ja niiden rinnakkaisteiden muodostamien liikennekäytävien liikenteen ohjaus, keskustoissa pysäköinti-ohjaus, tietyömaiden liikenteen ohjaus ja liikenneturvallisuustoimenpiteenä muuttuvan nopeusrajoituksen käyttöönotto.

Laajat järjestelmät eivät yleistyne Suomessa lähivuosina, mutta pienten järjestelmien käyttö on lähdössä käyntiin ja ne yleistynevätkin nopeasti 1980-luvun loppupuoliskolla. Sopivista mahdollisista toteutuskohteista tulisi tehdä kannattavuusselvityksiä, jotta näiden ajatusten realistisuus voitaisiin selvittää. Mahdollisesti toteutettavia kohteita tulisi tarkasti seurata, jotta saataisiin lisää tietoa järjestelmien vaikutuksista ja soveltuvuudesta Suomeen.

Tervajoelle suunniteltiin tämän työn yhteydessä ja toteutettiin loka-kuussa 1983 muuttuva nopeusrajoitusjärjestelmä. Sen vaikutuksia seurataan normaalin onnettomuusseurannan lisäksi mm. tekemällä nopeusmittauksia ja haastattelututkimuksia. Jos järjestelmän vaikutukset todetaan riittävän hyviksi, on syytä harkita järjestelmien käyttöä Suomessa laajemmalti.

LÄHDELUETTELO

1. Boesefeldt, J. & Everts, K., Traffic guidance and information systems for motorway networks: strategy and application. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 2 C. Berkeley 1979.
2. Bolte, F., Die Wirksamkeit der Stauwarnanlage Aichelberg. Strasse und Autobahn 7/1982.
3. Dudek, C.L., Real-time displays. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 1. Berkeley 1979.
4. Dudek, C.L., et al., Human factors requirements for real-time motorist information displays. Vol. 1 - Design guide. FHWA-RD-78-5. Washington D.C. 1978.
5. Dunn, W.M. Jr., Powers, L.D. & Zove, P., The Integrated Motorist Information System: An examination of three tradeoff studies. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 2 B. Berkeley 1979.
6. European project on electronic traffic aids on major roads, EUCO-COST 30. Final report Theme 3: Variable traffic signs. Bryssel 1979.
7. European project on electronic traffic aids on major roads, EUCO-COST 30. Final report Theme 5: Survey of information needs. Bryssel 1980.
8. European project on electronic traffic aids on major roads, EUCO-COST 30. Final report Theme 6: Incident detection. Bryssel 1979.
9. European project on electronic traffic aids on major roads, EUCO-COST 30. Final report Theme 8: The development of an automatic system for observing, forecasting and warning of adverse road conditions due to bad weather. Bryssel 1979.
10. European project on electronic traffic aids on major roads, EUCO-COST 30. Final report Theme 9: Control strategies, central equipment, data transmission, need for a public demonstration. Bryssel 1979.
11. Hyden, C., Gårder, P. & Linderholm, L., Gångtunnel eller hastighetsbegränsning. En jämförande studie i Vetlanda. Tekniska Högskolan i Lund. 1978.
12. Informations- och reglersystem för vägtrafik. Del I Informationssystem vid vägarbeten. Transportforskningskommissionen rapport 1982:4. Stockholm.
13. Informations- och reglersystem för vägtrafik. Del III Tekniköversikt och framtida utveckling. Transportforskningskommissionen rapport 1982:4. Stockholm.
14. Keller, H., Strategies and effectiveness of traffic control systems on freeways in the Federal Republic of Germany. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 2 A. Berkeley 1979.
15. Liikennejärjestelyt Lauttasaaren läppäsillan yhteydessä. Yleissuunnitelma. HKR Katurakennusosasto. Viatek Oy 1982.
16. Liikenteen ohjaus nostosiltojen yhteydessä. Joensuu kaupunki. Viatek Oy 1979.
17. Lyly, S., Liikenteen ohjauksen kehityssuuntia lähitulevaisuudessa. INSKO 117-82.
18. Mammano, F.J., Driver information and motorist aid hardware. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 1. Berkeley 1979.

19. Pursula, M., Liikenteen ohjaus ruuhka- ja poikkeustilanteissa. INSKO 117-82.
20. Research on traffic corridor control. OECD Road research group. Paris 1975.
21. Ristola, T., Pysäköinnin rajoittaminen. Liikennetekniikan seminaari 1981 - 1982. TKK. Otaniemi 1982.
22. Seminar on traffic control and driver communication systems. State-of-the-Art Report. Aachen 1982.
23. Tietyömaiden liikenneturvallisuus. TVH 74/1965. TKK. Helsinki 1981.
24. Tutkimus Kehä III:n nopeusopastimien vaikutuksesta liikenteeseen. TVH. Helsinki 1979.
25. Wachtel, J. & Netherton, R., Safety and environmental design considerations in the use of commercial electronic variable-message signs. FHWA/RD-80/051. Washington D.C. 1980.
26. Zackor, H., Self-sufficient control of speed on freeways. International symposium on traffic control systems. Proceedings, vol. 2 A. Berkeley 1979.

